



**RECHERCHES ET ETUDES PHYTOSANITAIRES
CONDUITES AU MALI**

RAPPORT DE LA CAMPAGNE 2010

RENOU Alain (CIRAD)

**Partenaires : TOGOLA Mamoutou (IER)
TERETA Idrissa (IER)
BAGAYOKO Boubou (IER)**

SOMMAIRE

ETUDE D'INTEGRATION DE METHODES DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS DU COTONNIER AU MALI	5
1 Justification	5
2 Objectifs	5
3 Matériels et méthodes	5
3.1 <i>modalités étudiées et dispositif statistique</i>	5
3.2 <i>dimensions des parcelles élémentaires</i>	6
3.3 <i>conduite de la culture cotonnière</i>	7
3.4 <i>observations</i>	7
3.4.1 <i>date d'apparition du premier bouton floral</i>	7
3.4.2 <i>date d'apparition de la première fleur</i>	7
3.4.3 <i>chenilles de la capsule</i>	7
3.6.4 <i>insectes piqueurs suceurs</i>	7
3.4.5 <i>auxiliaires</i>	8
3.4.6 <i>date de début d'ouverture des capsules</i>	8
3.4.7 <i>examen de la production à l'échelle de plants</i>	8
3.4.8 <i>rendement et stand à la récolte</i>	9
3.5 <i>analyse des résultats</i>	9
4 Résultats	9
5 Conclusions et discussion	20
EVALUATION DE DIFFERENTES REGLES DE DECISION POUR INTERVENIR SUR SEUIL CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE EN CULTURE COTONNIERE AU MALI	25
1 Justification	25
2 Objectifs	25
3 Matériels et méthodes	25
3.1 <i>modalités étudiées et dispositif statistique</i>	25
3.2 <i>dimensions des parcelles élémentaires</i>	26
3.3 <i>conduite de la culture cotonnière</i>	26
3.4 <i>observations</i>	27
3.4.1 <i>date d'apparition du premier bouton floral</i>	27
3.4.2 <i>chenilles de la capsule</i>	27
3.4.3 <i>pontes de chenilles de la capsule</i>	27
3.4.4 <i>examen de la production à l'échelle de plants</i>	27
3.4.5 <i>rendement et stand à la récolte</i>	27
3.5 <i>analyse des résultats</i>	28
4 Résultats	28
5 Conclusions et discussion	35
ETUDE DE L'EVOLUTION DES TENEURS EN PROTEINES SOLUBLES CHEZ LE COTONNIER EN FONCTION DES PRATIQUES DE FERTILISATION ORGANO-MINERALE	37
1 Justification	37

2 Objectifs	37
3 Matériels et méthodes.....	37
3.1 <i>modalités étudiées et dispositif statistique</i>	37
3.2 <i>dimensions des parcelles élémentaires</i>	38
3.3 <i>conduite de la culture cotonnière</i>	38
3.4 <i>observations</i>	38
3.4.1 date d'apparition du premier square	38
3.4.2 monitoring du développement végétatif et fructifère des cotonniers.....	38
3.4.3 date d'apparition de la première fleur	38
3.4.4 prélèvements périodiques de feuilles (sans leurs pétioles).....	39
3.4.5 date de première ouverture des capsules	39
3.4.6 analyse de la production à l'échelle de plant.....	39
3.4.7 rendement et stand à la récolte	40
3.5 <i>analyse des résultats</i>	40
4 Résultats	40
ETUDE DE L'INTERET DE LA MODIFICATION DES RECOMMANDATIONS EN	
MATIERE DE FERTILISATION AZOTEE DU COTONNIER POUR DE MEILLEURE	
TENEURS EN PROTEINES SOLUBLES	50
1 Justification	50
2 Objectifs	50
3 Matériels et méthodes.....	50
3.1 <i>modalités étudiées et dispositif statistique</i>	50
3.2 <i>dimensions des parcelles élémentaires</i>	50
3.3 <i>conduite de la culture cotonnière</i>	51
3.4 <i>observations</i>	51
3.4.1 date d'apparition du premier square	51
3.4.2 monitoring du développement végétatif et fructifère des cotonniers.....	51
3.4.3 date d'apparition de la première fleur	51
3.4.4 prélèvements périodiques de feuilles (sans leurs pétioles).....	52
3.4.5 date de première ouverture des capsules	52
3.4.6 analyse de la production à l'échelle de plant.....	52
3.4.7 rendement et stand à la récolte	53
3. 5 <i>analyse des résultats</i>	53
4 Résultats	53
EVALUATION DE L'INTERET DE CHANGER LA NATURE DU SEUIL POUR	
INTERVENIR CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE EN CULTURE	
COTONNIERE AU MALI.....	68
1 Justification	68
2 Objectifs	68
3 Matériels et méthodes.....	68
3.1 <i>modalités étudiées et dispositif statistique</i>	68
3.2 <i>dimensions des parcelles élémentaires</i>	69
3.3 <i>conduite de la culture cotonnière</i>	69
3.4 <i>observations</i>	69

3.4.1 date d'apparition du premier bouton floral	69
3.4.2 chenilles carpophages.....	70
3.4.3 examen par plant des dégâts de chenilles de la capsule	70
3.4.4 examen de la production à l'échelle de plants	70
3.4.5 rendement et stand à la récolte	70
3.5 analyse des résultats.....	70
4 Résultats	71
5 Conclusions et discussion.....	82
SELECTION DE LA MEILLEURE ECHELLE DE PRISE DE DECISION POUR DES INTERVENTIONS SUR SEUIL CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE EN CULTURE COTONNIERE AU MALI.....	84
1 Justification	84
2 Objectifs	84
3 Matériels et méthodes.....	84
3.1 modalités étudiées et dispositif statistique.....	84
3.2 dimensions des parcelles élémentaires.....	85
3.3 conduite de la culture cotonnière.....	85
3.4 observations	85
3.4.1 chenilles carpophages.....	85
3.4.2 examen de la production à l'échelle de plants	85
3.4.3 rendement et stand à la récolte	85
3.4 analyse des résultats.....	86
4 Résultats	86
5 Conclusions et discussion.....	91
INTERET D'UN TRAITEMENT DE SEMENCES EN FONCTION DES PROGRAMMES DE PROTECTION.....	92
1 Justification	92
2 Objectifs	93
3 Matériels et méthodes.....	93
3.1 modalités étudiées et dispositif statistique.....	93
3.2 parcelle élémentaire	94
3.3 conduite de la culture cotonnière.....	94
3.4 observations	94
3.4.1 observations sur les insectes piqueurs suceurs.....	94
3.4.2 dénombrement des chenilles de la capsule	94
3.4.3 examen de la production à l'échelle de plants	94
3.4.4 rendement et stand à la récolte	95
3.5 analyse des résultats.....	95
4 Résultats	95
5 Conclusions et discussion.....	100

ETUDE D'INTEGRATION DE METHODES DE LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS DU COTONNIER AU MALI

1 Justification

Grâce à des interventions sur seuil certains producteurs de coton maliens (représentant 8 % des superficies cotonnières en 2008) réalisent des économies importantes d'insecticide (69 % en moyenne de 2001 à 2008) et obtiennent de meilleurs revenus (+4,5 % de 2001 à 2008). Toutefois cette nouvelle approche de la protection phytosanitaire du cotonnier présente au moins deux faiblesses techniques par rapport au programme d'interventions calendaires (à dates fixes) : une baisse des performances productives (7,0 % en moyenne de 2001 à 2008) et une plus faible efficacité vis-à-vis des chenilles de la capsule (*Helicoverpa armigera* Hübner, *Diparopsis watersi* Rotschild et *Earias* spp.), responsables de l'essentiel des pertes de production dues aux ravageurs au Mali.

Les travaux conduits par l'IER et le CIRAD pour pallier ces deux faiblesses ont permis d'identifier deux pratiques pouvant être associées à des interventions sur seuil : une forte densité de plantation (16,7 plants/m² au lieu de 8,3 plants/m² actuellement recommandés) et un écimage des cotonniers 10 jours après l'apparition de la première fleur. La première pratique permet d'augmenter les performances productives à faibles coûts (tant que le prix des semences ne sera pas onéreux) et d'éviter les fortes infestations de chenilles de la capsule souvent rencontrées en fin de campagne grâce à une précocité d'élaboration de la production. La seconde pratique, dès sa réalisation, réduit les infestations de ces mêmes ravageurs, probablement en supprimant des sites privilégiés de ponte, et conduit à diminuer le nombre des interventions sur seuil.

Pour aller plus loin d'autres technologies de protection phytosanitaire doivent être associées à ces nouvelles pratiques (interventions sur seuil, augmentation de la densité de plantation et écimage des cotonniers).

2 Objectifs

Le premier objectif de cette étude a été de confirmer les effets de la forte densité de plantation et de l'écimage des cotonniers sur les performances productives et économiques des parcelles de cotonniers, la réduction du nombre d'interventions sur seuil et l'amélioration contrôle des chenilles de la capsule. Le second objectif a été d'évaluer l'intérêt sur les plans biologique, environnemental, productif et économique d'une technologie push-pull (respectivement pulvérisation d'extraits de neem, *Azadirachta indica* Juss et parcelles de cotonniers ceintes de gombo, *Abelmoschus esculentus* Moensch, comme plante piège des principales chenilles de la capsule), associée à une forte densité de plantation des cotonniers, un écimage des cotonniers et des interventions sur seuil.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités étudiées et dispositif statistique

Dans un dispositif en blocs de Fisher à 8 répétitions quatre ensembles de pratiques phytosanitaires de la culture cotonnière ont été comparés. Leurs composantes sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : description des ensembles de pratiques phytosanitaires

ensembles de pratiques	densité de plantation	écimage	type d'intervention insecticide	Seuil Utilisé	technologie pull	technologie push
A	8,3 plants/m ²	non	calendaire	pas de seuil	non	non
B	8,3 plants/m ²	non	sur seuil	5 chenilles/25 plants	non	non
C	16,7 plants/m ²	oui	sur seuil	5 chenilles/25 plants	non	non
D	16,7 plants/m ²	oui	sur seuil	5 chenilles/25 plants	gombo	neem

La densité de plantation de 8,3 plants/m² a été obtenue avec des écartements de 0,8 mètre entre lignes, de 0,3 mètre entre poquets et un démariage à 2 plants par poquet. La densité de plantation de 16,7 plants/m² a été obtenue avec des écartements de 0,4 mètre entre lignes, de 0,3 mètre entre poquets et un démariage à 2 plants par poquet.

L'écimage des cotonniers, pour les parcelles élémentaires concernées, a pratiqué manuellement 10 jours après l'apparition de la première fleur. La décision d'écimage a été prise par parcelle élémentaire.

Le programme d'interventions calendaires a reposé sur six applications insecticides réalisées tous les 14 jours à partir du 45^{ième} jour après la levée (JAL). Le programme d'interventions sur seuil a reposé sur des applications insecticides décidées par parcelle élémentaire en fonction des infestations de chenilles de la capsule qui y étaient observées. Une application était alors effectuée dès que les infestations atteignaient 5 chenilles / 25 plants, les observations étant réalisées tous les 7 jours du 30^{ième} JAL au 114^{ième} JAL.

Une alternative aux pyréthrianoïdes, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor[®], contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88[®], contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

Les parcelles élémentaires concernées par la technologie push-pull ont reçu des applications hebdomadaires d'une préparation d'extraits de neem du 30^{ième} JAL au 114^{ième} JAL et ont été entourées d'une ligne semée densément en gombo (0,1 m entre poquets) à la même date que les cotonniers, une distance de 0,8 mètre séparant plants de gombo et plants de cotonniers.

Les préparations d'extraits de neem ont été faites à partir de farine de graines de neem macérée dans de l'eau pendant 7 jours avant chaque application dans les proportions suivantes : 51 grammes de farine de graines de neem et 288 ml d'eau. Le résultat de cette macération était ensuite complété par de l'eau pour un épandage suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

3.2 dimensions des parcelles élémentaires

La parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 10 mètres pour la densité de 8,3 plants/m² (parcelles élémentaires des modalités A et B) mais seules les 6 lignes centrales ont été concernées par les applications insecticides. Pour la densité de plantation de 16,7 plants/m² la parcelle élémentaire comprenait 15 lignes de 10 mètres pour la modalité C (seules les 9 lignes centrales étant concernées par les applications insecticides) et 11 lignes de 10 mètres

pour la modalité D (les 11 lignes étant concernées par les applications insecticides et celles d'extraits de neem).

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire, de la densité de plantation et de l'écimage, toutes les pratiques culturales (date de semis, entretien contre l'enherbement et fertilisation minérale) ont été celles recommandées au Développement. Cependant compte tenu de la faible fertilité des sols de Farako 10 tonnes de fumier ont été apportés par hectare avant le labour opéré le 15 juin. La variété STAM 59 A fut sélectionnée pour cette étude. Le semis a été réalisé le 17 juin et les premières levées de cotonniers furent observées 2 jours plus tard. Le démariage fut effectué au 16^{ième} JAL. Quatre sarclages manuels ont été réalisés respectivement au 20^{ième}, 40^{ième}, 49^{ième} et 54^{ième} JAL. La fertilisation minérale était composée de 200 kg/ha d'engrais complet (NPKSB) apportés au 20^{ième} JAL et de 50 kg/ha d'urée apportés au 40^{ième} JAL. Le buttage fut réalisé au 55^{ième} JAL.

Pour le gombo la variété sélectionnée était CLEMSOM et la fertilisation apportée était identique à celle apportée aux cotonniers mais les apports furent plus précoces : 14^{ième} JAL pour l'engrais complet NPKSB et 33^{ième} JAL pour l'urée.

3.4 observations

3.4.1 *date d'apparition du premier bouton floral*

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les 3 jours le nombre de plants ayant des squares (très jeunes boutons floraux) a été relevé à partir du 25^{ième} JAL. Dès que ce nombre était égal à la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée la date d'apparition des squares au niveau de 50 % des plants.

3.4.2 *date d'apparition de la première fleur*

Cette observation n'a concerné que les parcelles élémentaires dont les cotonniers devaient être écimés. Elle a été conduite sur tous les plants d'une ligne au centre de ces parcelles élémentaires. Quotidiennement le nombre de fleurs épanouies (fleurs blanches) sur chaque ligne a été relevé à partir du 50^{ième} JAL. Dès que le cumul des observations atteignait la moitié du nombre de plants d'une ligne l'observation était arrêtée sur cette ligne et la dernière date d'observation a été considérée comme la date moyenne d'apparition de la première fleur au niveau de la parcelle élémentaire.

3.4.3 *chenilles de la capsule*

A partir 30^{ième} JAL et jusqu'au 114^{ième} JAL, les chenilles de la capsule (en distinguant les espèces) ont dénombrées par semaine sur 25 plants par parcelle élémentaire. Ces observations ont été réalisées au centre de chaque parcelle élémentaire.

3.6.4 *insectes piqueurs suceurs*

Ces observations, également réalisées au centre de chaque parcelle élémentaire, n'ont concerné que les aleurodes qui, après les chenilles de la capsule, constituent une préoccupation phytosanitaire importante en culture cotonnière au Mali. L'écimage des cotonniers, pratiqué sur certaines parcelles élémentaires de l'étude, rendant impossible l'observation de ces ravageurs sur des feuilles au sommet de plants, on a eu recours à deux techniques d'observation :

technique 1 avant l'écimage des cotonniers : à partir du 30^{ième} JAL on a dénombré sur dix plants par parcelle élémentaire les aleurodes adultes présents sur la 5^{ième} feuille terminale en partant du sommet de chaque plant. Cette observation, qui fut hebdomadaire, a concerné toutes les parcelles élémentaires jusqu'au premier écimage de cotonniers mais elle a été poursuivie au-delà de cette date et jusqu'au 114^{ième} JAL pour les parcelles élémentaires des modalités A et B dont les cotonniers n'étaient pas écimés.

technique 2 après l'écimage des cotonniers : quatre pièges jaunes (plaquettes engluée de 32 cm²) ont placés au centre de chaque parcelle élémentaire dans un interligne le matin de la veille de chaque date d'observation. Elles étaient suspendues juste au dessus de la canopée de chaque parcelle élémentaire. Le jour de l'observation les adultes d'aleurodes piégés (englués) y ont été dénombrés par parcelle élémentaire et par piège. Les pièges ont été retirés de chaque parcelle élémentaire et débarrassées des insectes englués après chaque observation. Ces observations ont été faites toutes les semaines sur toutes les parcelles élémentaires à partir du premier écimage et jusqu'au 114^{ième} JAL.

3.4.5 auxiliaires

Ces observations ont été réalisées au centre de chaque parcelle élémentaire. Toutes les semaines du 30^{ième} au 114^{ième} JAL les auxiliaires présents sur 5 plants ont été dénombrés : coccinelles (en distinguant les stades), les syrphes (en distinguant les stades), les chrysopes (en distinguant les stades), les hémérobes (en distinguant les stades), les araignées, les carabes (en distinguant les stades), les hétéroptères (en distinguant les stades), les hyménoptères (en ne distinguant que guêpes et fourmis) et d'autres auxiliaires (en particulier : *Oecanthus* spp, mantes, forficules et libellules). Les 5 plants observés par parcelle élémentaire ne devaient pas être trop proches les uns des autres pour permettre l'observation d'auxiliaires volants (adultes de syrphes et guêpes en particulier). Pour faciliter ces observations une fiche d'enregistrement par parcelle élémentaire reprenant des photographies de ces différents groupes d'auxiliaires et de leurs différents stades a été élaborée (annexe 1).

3.4.6 date de début d'ouverture des capsules

Cette observation a concerné tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les quatre jours le nombre de plants ayant des capsules ouvertes (une seule capsule ouverte par plant suffisant) a été relevé sur chaque ligne à partir du 90^{ième} JAL. Dès que ce nombre atteignait la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée la date de première ouverture des capsules sur 50 % des plants..

3.4.7 examen de la production à l'échelle de plants¹

Un tronçon de 4,5 mètres a été délimité sur une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire après l'ouverture de toutes les capsules. Pour chaque plant présent sur chaque tronçon on n'a observé que les premières positions de branches fructifères. Pour chaque position présente on a indiqué si elle était occupée par une capsule entièrement saine, par un autre organe fructifère (bouton, fleur, capsule partiellement saine, capsule pourrie ou capsule momifiée sans distinction) ou si l'organe fructifère était absent.

¹ Des études conduites en 2008 et en 2009 avec la variété STAM 59 A ont montré que cet examen simplifié de la production à l'échelle de plant rendait parfaitement compte de certaines caractéristiques de la production à l'échelle de plants entiers : taux de capsules entièrement saines, nombre de capsules entièrement saines et taux de rétention des organes fructifères

3.4.8 rendement et stand à la récolte

Le coton graine produit sur les 4 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire semée à la densité de 8,3 plants/m² et sur les 5 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire semée à la densité de 16,7 plants/m² a ensuite été récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

3.5 analyse des résultats

Les résultats de toutes les observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de leur indépendance vis-à-vis des facteurs étudiés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance. Enfin pour chaque analyse de variance la signification de trois contrastes a été appréciée (Tableau 2) : le premier contraste opposait la protection calendaire (modalité A) aux protections sur seuil (moyenne des modalités B, C et D), le second opposait la modalité B à la moyenne des modalités C et D pour évaluer l'effet conjugué de l'augmentation de la densité de plantation et de l'écimage et le dernier permettait d'évaluer les bénéfices de la technologie push pull.

Tableau 2 : coefficients des différents contrastes utilisés

ensembles de pratiques	Contrastes		
	1	2	3
A	3	0	0
B	-1	2	0
C	-1	-1	1
D	-1	-1	-1

4 Résultats

4.1 date d'apparition des squares

Les premiers squares sont apparus en moyenne au 44^{ième} JAL ce qui est relativement tardif par rapport aux campagnes précédentes pour la variété STAM 59 A. Fort logiquement aucune différence statistiquement significative entre les ensembles de pratiques phytosanitaires n'est apparue et aucun contraste n'a été significatif (Tableau 3).

Tableau 3 : date d'apparition des squares

	date (en JAL) d'apparition des squares
A	44,0
B	42,3
C	45,2
D	43,9
F ensemble de pratiques	0,22
signification en %	88,4
CV en %	16,1
contrastes	
A	44,0
moyenne B, C et D	43,8
F contraste 1	0,00
signification en %	95,6
B	42,3
moyenne C et D	44,5
F contraste 2	0,51
signification en %	48,8
C	45,2
D	43,9
F contraste 3	0,13
signification en %	71,9

4.2 date d'écimage des parcelles

Le premier écimage de cotonniers d'une parcelle eût lieu le 21 août (soit au 63^{ième} JAL). Mais en moyenne l'écimage des cotonniers sur les parcelles élémentaires concernées par cette pratique a été réalisé au 69^{ième} JAL. Fort heureusement aucune différence statistiquement significative entre les deux ensembles de pratiques phytosanitaires concernées n'est apparue pour la date d'écimage (Tableau 4). Il en est de même pour les dates d'écimage par bloc (F = 1,33 significatif à $p > 0,10$).

Tableau 4 : date d'écimage

	date (en JAL) d'écimage
C	69,1
D	69,4
F ensemble de pratiques	0,04
signification en %	83,4
CV en %	3,4

4.3 infestations de chenilles de la capsule et interventions sur seuil

Le complexe des chenilles de la capsule a presque toujours été dominé par *Earias* spp suivi d'*H. armigera* et l'espèce *D. watersi* est resté très discrète (Figure 1). Sur l'ensemble de la campagne les chenilles d'*Earias* spp ont représenté 60,2 % des dénombrements, celles d'*H. armigera* 33,3 % et celles de *D. watersi* 6,5 %. Les infestations de ces différentes espèces n'ont jamais été très élevées (< 2 chenilles pour 100 plants) de sorte que seules trois parcelles élémentaires de l'ensemble de pratiques phytosanitaires B reçurent une application

insecticide au 72^{ième} JAL (donc peu après la date moyenne d'écimage des parcelles élémentaires des ensemble de pratiques phytosanitaires C et D).

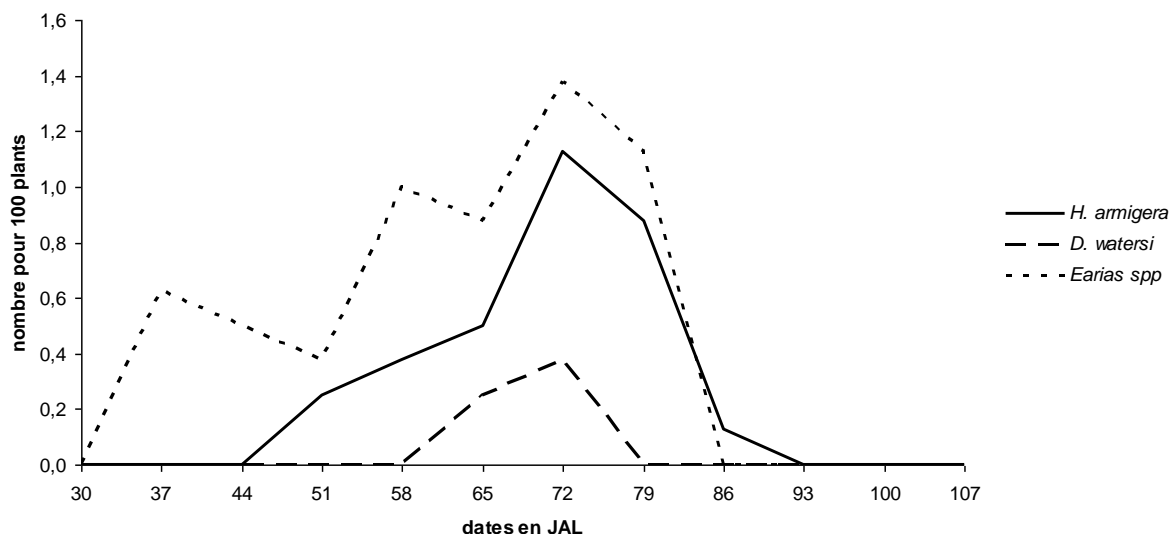


Figure 1 : dynamique moyenne des infestations en chenilles de la capsule en fonction des espèces

Avant le premier écimage de cotonniers, grâce à deux applications insecticides calendaires alors qu'aucune intervention sur seuil n'a été réalisée, l'ensemble de pratiques phytosanitaires A contrôle mieux les infestations de chenilles de la capsule mais cela n'apparaît de manière significative qu'au niveau du contraste 1 et uniquement pour les chenilles d'*Earias spp* et le cumul des espèces (Tableau 5). Après le premier écimage de cotonniers, les deux ensembles de pratiques phytosanitaires C et D n'ont conduit à aucune application insecticide et donc un nombre significativement plus grand d'applications insecticides a été réalisé sur les parcelles élémentaires recevant les ensembles de pratiques phytosanitaires A et B qui se distinguent significativement entre eux puisque l'ensemble de pratiques phytosanitaires B permet d'économiser 90 % d'insecticide (Tableau 6). A l'exception du contrôle des infestations de *D. watersi*, le contrôle des infestations des deux autres espèces de chenilles de la capsule et de l'ensemble des espèces ne reflètent que partiellement les différences dans les nombres d'applications insecticides. En effet, si l'ensemble des pratiques phytosanitaires A procure significativement le meilleur contrôle de ces ravageurs, les deux ensembles de pratiques phytosanitaires C et D assurent en moyenne (contraste 2) un contrôle de ces mêmes ravageurs équivalent aux interventions calendaires et significativement meilleur que celui procuré par l'ensemble de pratiques phytosanitaires B (Tableau 6). Presque les mêmes conclusions que celles concernant la période après l'écimage des cotonniers peuvent être dégagées sur l'ensemble de la campagne tant à propos du nombre d'applications insecticides qu'à propos du contrôle des infestations de chenilles de la capsule (Tableau 7). Ainsi, toujours à l'exception de *D. watersi*, l'ensemble des pratiques phytosanitaires A, qui conduit à un nombre significativement plus grand d'applications insecticides, procure significativement le meilleur contrôle des chenilles de la capsule. Toutefois pour les infestations d'*Earias spp* et celles de l'ensemble des chenilles de la capsule, l'ensemble des pratiques phytosanitaires D procure un contrôle équivalent (Tableau 7), même si le contraste 3 ne met pas en évidence de différence significative entre les ensembles de pratiques phytosanitaires C et D.

Tableau 5 : nombre d'applications insecticides et infestations de chenilles de la capsule avant l'écimage des cotonniers

	nombre de traitements par ha	nombre pour 100 plants/date d'observation			
		H. armigera	D. watersi	Earias spp	cumul
A	2	0,0	0	0,0	0,0
B	0	0,1	0	0,7	0,8
C	0	0,2	0	0,9	1,1
D	0	0,2	0	0,4	0,6
F ensemble de pratiques	AI	1,00	NA	2,09	2,62
signification en %		41,4		13,1	7,7
CV en %		216,6		153,2	130,0
contrastes					
A		0,0		0,0 a	0,0 a
moyenne B, C et D		0,2		0,7 b	0,8 b
F contraste 1		2,27		4,55	6,31
signification en %		14,3		4,3	1,9
B		0,1		0,7	0,8
moyenne C et D		0,2		0,7	0,9
F contraste 2		0,73		0,02	0,02
signification en %		40,8		87,6	88,3
C		0,2		0,9	1,1
D		0,2		0,4	0,6
F contraste 3		0,00		1,71	1,52
signification en %		100,0		20,3	23,0

AI : analyse statistique impossible (tous les résidus sont nuls) ; NA : non analysé

Tableau 6 : nombre d'applications insecticides et infestations de chenilles de la capsule après l'écimage des cotonniers

	nombre de traitements par ha	nombre pour 100 plants/date d'observation			
		H. armigera	D. watersi	Earias spp	cumul
A	4,0 c	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0 a
B	0,4 b	1,2 b	0,2	1,6 b	3,1 b
C	0,0 a	0,1 a	0,0	0,2 b	0,4 a
D	0,0 a	0,1 a	0,1	0,1 b	0,4 a
F ensemble de pratiques	452,20	19,44	2,03	43,62	86,15
signification en %	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0
CV en %	23,7	96,4	238,1	69,2	45,9
contrastes					
A	4,0 b	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0 a
moyenne B, C et D	0,1 a	0,5 b	0,1	0,6 b	1,3 b
F contraste 1	1345,40	11,48	1,88	22,28	50,55
signification en %	0,0	0,3	18,2	0,0	0,0
B	0,4 b	1,2 b	0,2	1,6 b	3,1 b
moyenne C et D	0,0 a	0,1 a	0,1	0,1 a	0,4 a
F contraste 2	11,20	46,84	2,41	107,84	207,89
signification en %	0,3	0,0	13,2	0,0	0,0
C	0,0	0,1	0,0	0,2	0,4
D	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4
F contraste 3	0,00	0,00	1,81	0,73	0,00
signification en %	100,0	100,0	19,1	40,6	100,0

Tableau 7 : nombre d'applications insecticides et infestations de chenilles de la capsule sur l'ensemble de la campagne

	nombre de traitements par ha	nombre pour 100 plants/date d'observation			
		H. armigera	D. watersi	Earias spp	Cumul
A	6,0 c	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0 a
B	0,4 b	0,8 b	0,1	1,3 c	2,1 c
C	0,0 a	0,2 a	0,0	0,5 b	0,7 b
D	0,0 a	0,2 a	0,1	0,2 ab	0,5 ab
F ensemble de pratiques	1034,62	21,46	2,03	15,78	30,81
signification en %	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0
CV en %	16,2	74,2	238,1	79,5	57,6
Contrastes					
A	6,0 b	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0 a
moyenne B, C et D	0,1 a	0,4 b	0,1	0,7 b	1,1 b
F contraste 1	3092,67	19,39	1,88	16,86	32,16
signification en %	0,0	0,0	18,2	0,1	0,0
B	0,4 a	0,8 b	0,1	1,3 b	2,1 b
moyenne C et D	0,0 a	0,2 a	0,0	0,4 a	0,6 a
F contraste 2	11,20	44,98	2,41	28,23	59,48
signification en %	0,3	0,0	13,2	0,0	0,0
C	0,0	0,2	0,0	0,5	0,7
D	0,0	0,2	0,1	0,2	0,5
F contraste 3	0,00	0,00	1,81	2,24	0,79
signification en %	100,0	100,0	19,1	14,6	38,7

4.4 infestations d'aleurodes adultes

Seuls les dénombrements sur feuilles (5^{ième} feuilles terminales) ont été analysés car aucun aleurode adulte n'a été observé dans les pièges jaunes. Les infestations d'aleurodes adultes sur ces feuilles ont présenté deux pics : le premier au cours de la première quinzaine du mois d'août et le second au cours de la deuxième quinzaine du mois de septembre (Figure 2). Avant le premier écimage aucune différence significative n'apparaît entre les ensembles de pratiques phytosanitaires et aucun contraste n'est significatif. Après le premier écimage, les infestations sont significativement plus élevées sur les parcelles élémentaires recevant l'ensemble des pratiques phytosanitaires A (Tableau 8).

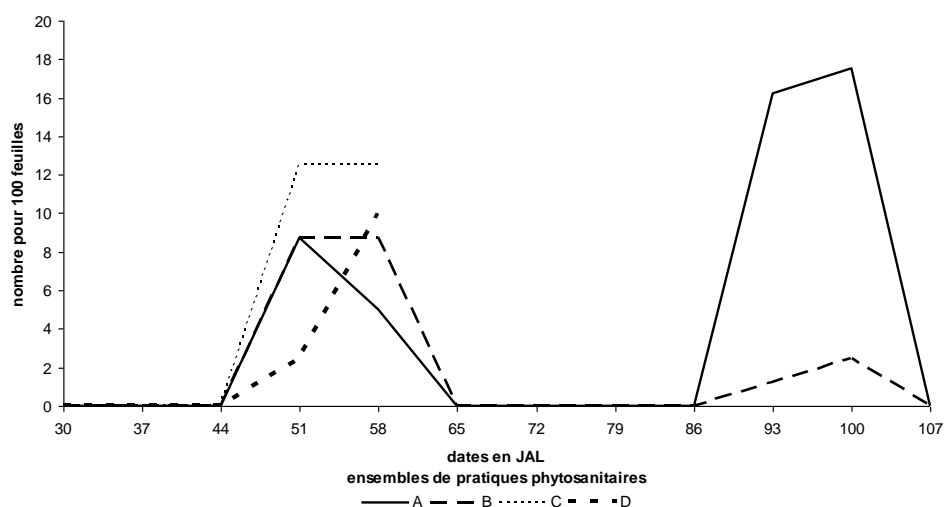


Figure 2 : évolution des infestations d'aleurodes adultes en fonction des ensembles de pratiques phytosanitaires

Tableau 8 : effet des ensembles de pratiques phytosanitaires sur les infestations d'aleurodes adultes

	nombre pour 100 feuilles	
	avant l'écimage	après l'écimage
A	2,8	4,1 b
B	3,5	0,2 a
C	5,0	
D	2,5	
F ensemble de pratiques	0,75	23,47
signification en %	53,9	0,2
CV en %	107,1	63,8
contrastes		
A	2,8	
moyenne B, C et D	3,7	
F contraste 1	0,37	
signification en %	55,5	
B	3,5	
moyenne C et D	3,8	
F contraste 2	0,03	
signification en %	87,2	
C	5,0	
D	2,5	
F contraste 3	1,85	
signification en %	18,6	
Transformation		Ln(x+1)

4.5 auxiliaires prédateurs

Jusqu'au 44^{ième} JAL aucun prédateur n'a été observé (Tableau 9). Les premiers groupes de prédateurs observés sont par ordre décroissant de leur importance numérique : des coccinelles (tous stades confondus exception faite des œufs qui ne sont observés qu'à partir du 93^{ième} JAL), des hétéroptères (tous stades confondus), des hémérobes (tous stades confondus), des araignées, des chrysopes (tous stades confondus exception faite des œufs qui ne sont observés qu'à partir du 107^{ième} JAL), des fourmis, des carabes et des forficules (Tableau 9). Seul des adultes de syrphes, qui ne sont pas prédateurs, sont observés à cette période. Ces premiers groupes de prédateurs restent très présents par la suite, mais les carabes, les forficules, les chrysopes, les hémérobes, les syrphes adultes et les fourmis disparaissent momentanément des dénombrements (au cours d'une ou deux semaines) pendant la deuxième quinzaine du mois d'août (Tableau 9). Cette faune de déprédateurs ne s'enrichit de nouveaux groupes ou de nouveaux stades pour les syrphes (mais uniquement des larves), les coccinelles (œufs) et les chrysopes (œufs) qu'à partir du 93^{ième} JAL si on fait exception de guêpes observées de manière temporaire au 79^{ième} JAL (Tableau 9). A ce nouveau groupe de prédateurs et aux premiers groupes de prédateurs s'ajoutent donc à partir du 93^{ième} JAL des mantes, des syrphes (tous stades confondus), des libellules et des *Oecanthus* spp (Tableau 9). Mais ces deux derniers groupes de prédateurs ne sont pas toujours présents jusqu'à la fin de la campagne (Tableau 9).

Tableau 9 : dynamiques des principaux groupes de prédateurs

groupe de prédateurs	nombre pour 5 plants											
	aux dates suivantes en JAL											
date	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100	107
araignée	0,00	0,00	0,00	0,75	0,94	0,13	0,78	1,53	1,72	3,16	4,53	3,72
forficule	0,00	0,00	0,00	0,22	0,81	0,00	0,50	2,38	2,34	3,47	2,06	2,44
libellule	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,03	0,00
mante	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,09	0,28
Oecanthus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
carabe	0,00	0,00	0,00	0,25	0,41	0,00	0,00	0,25	0,09	1,47	0,50	0,97
chrysope	0,00	0,00	0,00	0,28	0,25	0,00	0,19	0,38	0,78	1,81	1,53	3,75
coccinelle	0,00	0,00	0,00	1,19	1,38	0,19	1,22	1,75	2,84	3,31	5,47	6,38
hémérobe	0,00	0,00	0,00	0,78	0,44	0,00	0,22	1,38	2,16	3,13	2,34	2,09
hétéroptère	0,00	0,00	0,00	0,78	0,47	0,16	0,22	1,38	2,19	3,25	2,38	2,19
fourmi	0,00	0,00	0,00	0,25	0,28	0,00	0,22	0,41	1,13	1,34	1,34	1,94
guêpe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,06	0,06	0,03
syrphe	0,00	0,00	0,00	0,41	0,97	0,00	0,28	0,91	1,63	2,59	1,81	2,34

A l'exception des coccinelles (mais seulement au cours des deux dernières dates d'observation) aucun groupe de prédateurs n'est présent en moyenne par plus d'un individu par plant, tous stades confondus (Tableau 9). Tous groupes et tous stades confondus par date d'observation les populations de prédateurs sont extrêmement faibles (souvent moins de 1 individu par plant) avant le premier écimage de cotonniers et sont multipliées par plus de 6 après le premier écimage de cotonniers (près de 5 individus par plant). Avant le premier écimage de cotonniers très peu de différences significatives apparaissent (Tableau 10) : elles mettent en évidence des populations d'araignées plus élevées dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires D que dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires C l'inverse étant noté pour les populations de forficules (contraste 3). Mais de manière significative à $p < 0,10$ les populations de chrysopes sont plus élevées dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires C que dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires D (contraste 3) et celles de carabes dans les parcelles de l'ensemble de pratiques phytosanitaires A que dans les parcelles recevant des interventions sur seuil. Après le premier écimage de cotonniers la seule différence significative apparue dans les analyses de populations de prédateurs concerne les mantes (Tableau 11) qui sont en nombre significativement plus élevé dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires D que dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires B et dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires C (contraste 3), expliquant ainsi la signification du contraste 2. De manière significative à $p < 0,10$ les populations d'hémérobies sont plus élevées dans les parcelles élémentaires recevant des applications insecticides calendaires que dans les parcelles élémentaires protégées sur seuil (contraste 1).

Tableau 10 : populations de prédateurs avant le premier écimage de cotonniers

	nombre pour 5 plants par observation								
	araignée	forficule	carabe	chrysope	coccinelle	hémérobe	hétéroptère	fourmi	syrphe
A	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
B	0,3	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,3
C	0,2	0,4	0,1	0,1	0,6	0,0	0,2	0,1	0,3
D	0,6	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,3
F ensemble de pratiques	3,05	2,84	1,44	1,68	2,21	1,00	0,93	1,00	0,15
signification en %	5,1	6,2	26,0	20,1	11,6	41,4	44,3	41,4	92,9
CV en %	77,5	97,3	118,3	173,5	62,8	230,9	103,3	137,2	94,2
contrastes									
A	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
moyenne B, C et D	0,4	0,2	0,1	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	0,3
F contraste 1	1,20	0,84	3,89	0,26	3,62	2,00	1,67	2,37	0,40
signification en %	28,7	37,4	5,9	62,1	6,8	16,9	20,8	13,5	54,2
B	0,3	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,3
moyenne C et D	0,4	0,2	0,1	0,1	0,6	0,0	0,2	0,1	0,3
F contraste 2	0,78	0,19	0,31	1,56	1,81	1,00	0,11	0,16	0,05
signification en %	39,1	67,3	58,9	22,4	19,0	33,0	74,3	69,8	82,0
C	0,2 b	0,4 a	0,1	0,1	0,6	0,0	0,2	0,1	0,3
D	0,6 a	0,1 b	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,3
F contraste 3	7,17	7,51	0,10	3,22	1,18	0,00	1,03	0,47	0,00
signification en %	1,4	1,2	74,9	8,4	28,9	100,0	32,4	50,7	100,0
Transformation	Ln (x+1)					Ln (x+1)			

Tableau 11 : populations de prédateurs après le premier écimage de cotonniers

	nombre pour 5 plants par observation									
	araignée	forficule	mante	carabe	chrysope	coccinelle	hémérobe	hétéroptère	fourmi	syrphe
A	2,5	1,9	0,1 ab	0,5	1,4	2,9	0,7	1,6	0,9	1,4
B	2,2	1,9	0,0 b	0,4	0,9	3,4	0,4	1,7	0,9	1,1
C	2,1	1,9	0,1 ab	0,5	1,3	3,0	0,5	1,8	1,0	1,5
D	2,1	1,8	0,2 a	0,5	1,2	2,7	0,3	1,7	0,9	1,5
F ensemble de pratiques	0,37	0,15	3,59	0,29	1,05	0,95	1,83	0,34	0,38	0,77
signification en %	77,5	92,7	3,0	83,7	39,3	43,6	17,1	79,7	77,1	52,7
CV en %	36,1	14,3	98,0	50,4	43,0	28,4	60,8	23,4	38,2	36,8
contrastes										
A	2,5	1,9	0,1	0,5	1,4	2,9	0,7	1,6	0,9	1,4
moyenne B, C et D	2,1	1,9	0,1	0,5	1,1	3,1	0,4	1,7	0,9	1,4
F contraste 1	1,11	0,01	0,19	0,46	1,14	0,18	3,69	0,55	0,25	0,00
signification en %	30,4	91,1	67,1	51,1	29,8	67,8	6,6	47,1	62,5	95,3
B	2,2	1,9	0,0 b	0,4	0,9	3,4	0,4	1,7	0,9	1,1
moyenne C et D	2,1	1,9	0,1 a	0,5	1,3	2,9	0,4	1,7	0,9	1,5
F contraste 2	0,01	0,01	6,05	0,37	1,83	2,22	0,04	0,07	0,03	2,30
signification en %	91,6	93,8	2,2	55,4	18,8	14,7	83,1	79,1	85,5	14,1
C	2,1	1,9	0,1 b	0,5	1,3	3,0	0,5	1,8	1,0	1,5
D	2,1	1,8	0,2 a	0,5	1,2	2,7	0,3	1,7	0,9	1,5
F contraste 3	0,00	0,44	4,54	0,02	0,17	0,44	1,76	0,41	0,86	0,01
signification en %	100,0	52,2	4,3	87,6	68,6	51,9	19,6	53,8	36,9	94,2

Les populations de prédateurs (tous types et tous stades) par date d'observation après le premier écimage de cotonniers représentant plus de 7,7 fois celles observées dans la phase précédente toutes les conclusions concernant la période après l'écimage restent valables pour l'ensemble de la campagne (Tableau 12). Toutefois les populations d'hémérobites sont significativement plus élevées dans les parcelles élémentaires recevant des applications insecticides calendaires que dans les parcelles élémentaires protégées sur seuil (contraste 1) et à $p < 0,10$ celles de forficules dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires C par rapport à celles dans les parcelles élémentaires de l'ensemble des pratiques phytosanitaires D.

Tableau 12 : populations de prédateurs pendant toute la campagne

	nombre pour 5 plants par observation									
	araignée	forficule	mante	carabe	chrysope	coccinelle	hémérobe	hétéroptère	fourmi	syrphe
A	1,6	1,2	0,1 ab	0,4	0,8	1,8	0,4	1,1	0,6	0,9
B	1,4	1,2	0,0 b	0,3	0,6	2,2	0,3	1,1	0,6	0,8
C	1,3	1,3	0,1 ab	0,3	0,8	2,0	0,3	1,2	0,6	1,0
D	1,5	1,1	0,1 a	0,3	0,7	1,9	0,2	1,0	0,5	1,0
F ensemble de pratiques	0,31	1,40	3,59	0,99	0,81	0,82	2,48	0,34	0,17	0,63
signification en %	82,0	27,1	3,0	41,7	50,8	49,9	8,8	79,6	91,4	60,6
CV en %	34,4	14,3	98,0	45,1	43,7	24,4	57,3	24,6	35,5	37,6
contraste										
A	1,6	1,2	0,1	0,4	0,8	1,8	0,4	1,1	0,6	0,9
moyenne B, C et D	1,4	1,2	0,1	0,3	0,7	2,0	0,3	1,1	0,6	0,9
F contraste 1	0,57	0,30	0,19	2,24	0,74	0,94	5,78	0,02	0,00	0,02
signification en %	46,4	59,3	67,1	14,6	40,4	34,5	2,4	89,5	96,6	87,8
B	1,4	1,2	0,0 b	0,3	0,6	2,2	0,3	1,1	0,6	0,8
moyenne C et D	1,4	1,2	0,1 a	0,3	0,8	1,9	0,3	1,1	0,6	1,0
F contraste 2	0,01	0,02	6,05	0,66	0,99	1,37	0,04	0,13	0,00	1,87
signification en %	92,1	88,3	2,2	43,0	33,3	25,3	83,8	72,1	95,2	18,3
C	1,3	1,3	0,1 b	0,3	0,8	2,0	0,3	1,2	0,6	1,0
D	1,5	1,1	0,1 a	0,3	0,7	1,9	0,2	1,0	0,5	1,0
F contraste 3	0,35	3,87	4,54	0,08	0,69	0,15	1,61	0,88	0,51	0,00
signification en %	56,9	6,0	4,3	77,7	42,1	70,3	21,6	36,1	48,9	95,1

4.6 date de début d'ouverture des capsules

En moyenne les premières ouvertures de capsules (sur 50 % de plants) ont été observées au 123^{ième} JAL. Aucune différence statistiquement significative entre les ensembles de pratiques phytosanitaires n'est apparue et aucun contraste n'a été significatif (Tableau 13). Il en est de même pour la durée entre l'apparition des squares et l'ouverture des capsules (Tableau 13).

Tableau 13 : date d'ouverture des capsules et durée entre premier square et première ouverture des capsules

	date d'ouverture des capsules en	durée entre premier square et
	JAL	première ouverture de capsule en jours
A	121,7	77,7
B	123,1	80,8
C	121,8	76,6
D	123,5	79,6
F ensemble de pratiques	0,12	0,23
signification en %	94,9	87,6
CV en %	6,5	14,2
contrastes		
A	121,7	77,7
moyenne B, C et D	122,8	79,0
F contraste 1	0,13	0,08
signification en %	72,7	77,6
B	123,1	80,8
moyenne C et D	122,7	78,1
F contraste 2	0,02	0,30
signification en %	88,4	59,3
C	121,8	76,6
D	123,5	79,6
F contraste 3	0,20	0,30
signification en %	66,2	59,6

4.7 répartition de la production à l'échelle de plants

La plupart des effets connus de l'augmentation de la densité de plantation sont observés de manière significative dans cette étude: une réduction du nombre de branches fructifères par plant (accentué par l'écimage), une diminution du nombre de capsules entièrement saines par plant, une augmentation du nombre de capsules entièrement saines par m² et une élaboration plus précoce de la production (Tableaux 14 et 15). On doit souligner les bons résultats que procure l'ensemble de pratiques phytosanitaires D au niveau du taux de rétention des organes fructifères (proche de celui procuré par l'ensemble de pratiques phytosanitaires A et presque significativement supérieur à celui procuré par l'ensemble de pratiques phytosanitaires C) et du taux de capsules entièrement saines (le meilleur de cette étude qui fait bénéficier tous les ensembles de pratiques phytosanitaires avec des interventions sur seuil dans le contraste 1). Toutefois les bonnes performances de cet ensemble de pratiques phytosanitaires par rapport à l'ensemble de pratiques phytosanitaires C ne s'observent de manière significative pour les organes fructifères produits au cours de trois premières semaines du cycle fructifère sauf qu' à $p < 0,10$ pour les taux de capsules entièrement saines (Tableau 16). Pour les organes fructifères produits au cours de ces trois premières semaines du cycle fructifère, les meilleurs résultats (très souvent de manière significative) en termes de taux de rétention et de taux de capsules entièrement saines, sont observés pour l'ensemble de pratiques phytosanitaires A par rapport aux ensembles de pratiques phytosanitaires avec des interventions sur seuil prises globalement et même individuellement sauf pour le taux de capsules entièrement saines observé pour les organes produits au cours de la troisième semaine du cycle fructifère (Tableau 16).

Tableau 14 : résultats des examens à l'échelle de plants au niveau des productions totales des premières positions de branche fructifère

	nombre de plants/m ²	nombre de branches fructifères par plant	nombre de capsules entièrement saines par plant	nombre de capsules entièrement saines par m ²	taux global de rétention en %	taux global de capsules entièrement saines en %
A	5,2 b	13,6 a	5,7 a	29,2 ab	51,9	82,1 b
B	4,8 b	13,2 a	4,6 b	21,9 b	45,1	75,2 b
C	9,8 a	7,4 b	2,6 c	25,3 ab	42,6	79,2 b
D	9,2 a	7,4 b	3,4 c	31,5 a	49,8	92,0 a
F ensemble de pratiques	20,5	73,1	19,6	3,14	2,9	7,7
signification en %	0,0	0,0	0,0	4,6	6,1	0,1
CV en %	22,5	11,1	21,2	24,9	9,4	9,1
contrastes						
A	5,2 b	13,6 a	5,7 a	29,2	51,9 a	82,1
moyenne B, C et D	7,9 a	9,3 b	3,5 b	26,3	45,8 b	82,9
F contraste 1	17,21	83,94	37,10	1,16	4,29	0,05
signification en %	0,1	0,0	0,0	29,4	4,9	81,3
B	4,8 b	13,2 a	4,6 a	21,9 b	45,1	75,2 b
moyenne C et D	9,5 a	7,4 b	3,0 b	28,4 a	46,2	86,3 a
F contraste 2	43,65	135,24	18,28	4,94	0,13	9,93
signification en %	0,0	0,0	0,1	3,6	72,1	0,5
C	9,8	7,4	2,6	25,3	42,6	79,2 b
D	9,2	7,4	3,4	31,5	49,8	92,0 a
F contraste 3	0,59	0,00	3,45	3,32	4,14	13,00
signification en %	45,6	99,2	7,4	8,0	5,2	0,2
transformation					arcsin√p	arcsin√p

Tableau 15 : date extrême d'apparition des organes fructifères les plus précoces contribuant à certains pourcentages de la production totale de capsules entièrement saines

	date (en JAL) la plus tardive d'apparition des organes fructifères les plus précoces contribuant à x % de la production totale de capsules entièrement saines				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
A	56,2 b	58,2 b	60,5 b	63,3 b	67,4 b
B	55,5 b	57,5 b	59,8 b	63,4 b	68,5 b
C	53,5 a	54,9 a	56,5 a	58,5 a	61,1 a
D	54,0 a	55,5 a	57,3 a	59,3 a	62,3 a
F ensemble de pratiques	6,7	7,9	8,4	9,9	9,3
signification en %	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
CV en %	2,6	2,8	3,2	3,8	5,3
contrastes					
A	56,2	58,2	60,5	63,3	67,4
moyenne B, C et D	54,3	56,0	57,8	60,4	64,0
F contraste 1	10,61	11,85	11,49	9,44	5,88
signification en %	0,38	0,25	0,28	0,57	2,33
B	55,5 b	57,5 b	59,8 b	63,4 b	68,5 b
moyenne C et D	53,7 a	55,2 a	56,9 a	58,9 a	61,7 a
F contraste 2	9,03	11,15	13,00	19,83	21,41
signification en %	0,66	0,32	0,17	0,03	0,02
C	53,5	54,9	56,5	58,5	61,1
D	54,0	55,5	57,3	59,3	62,3
F contraste 3	0,52	0,61	0,74	0,55	0,53
signification en %	48,47	45,06	40,33	47,39	48,07

Tableau 16 : taux de rétention et taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de trois premières semaines du cycle fructifère

	taux (en %) de rétention des organes des organes fructifères produits au cours de semaines successives du cycle fructifère			taux (en %) de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de semaines successives du cycle fructifère		
	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 1	semaine 2	semaine 3
A	71,7 a	72,2 a	57,2	95,3	98,7 a	89,4
B	63,1 ab	60,6 ab	46,4	95,1	92,9 ab	77,3
C	49,9 b	48,3 b	38,1	84,9	88,0 b	69,0
D	55,8 b	56,0 b	42,0	95,1	95,1 ab	91,0
F ensemble de pratiques	4,4	5,0	2,2	1,7	3,4	1,5
signification en %	1,5	0,9	11,5	20,5	3,7	24,7
CV en %	14,8	14,9	21,2	15,0	11,5	27,7
contrastes						
A	71,7 a	72,2 a	57,2 a	95,3	98,7 a	89,4
Moyenne B, C et D	56,3 b	55,0 b	42,1 b	92,2	92,3 b	80,0
F contraste 1	9,06	11,25	5,51	0,63	7,11	1,06
signification en %	0,7	0,3	2,7	44,1	1,4	31,7
B	63,1	60,6	46,4	95,1	92,9	77,3
Moyenne C et D	52,9	52,1	40,0	90,6	91,9	81,3
F contraste 2	3,36	2,27	0,88	1,08	0,08	0,13
signification en %	7,8	14,4	36,2	31,3	78,0	72,0
C	49,9	48,3	38,1	84,9	88,0	69,0
D	55,8	56,0	42,0	95,1	95,1	91,0
F contraste 3	0,82	1,38	0,25	3,28	2,98	3,26
signification en %	37,8	25,2	62,6	8,1	9,6	8,2
Transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

4.8 stand à la récolte, rendement et marge après déduction des coûts de protection

Pour les stands à la récolte, plus faibles que les densités calculées à partir des examens de la production à l'échelle de plants, on retrouve de manière significative les différences en les ensembles de pratiques de protection phytosanitaire (Tableau 17). Les meilleurs rendements sont obtenus avec les ensembles de pratiques de protection phytosanitaire C et D (Tableau 17) qui ne diffèrent pas entre eux (contraste 3). En moyenne leurs rendements sont significativement supérieurs à celui obtenu avec l'ensemble de pratiques de protection phytosanitaire B (contraste 2) mais uniquement à $p < 0,10$ avec celui obtenu avec l'ensemble de pratiques de protection phytosanitaire A ($F = 3,58$ significatif à 6,9 %). Avec un prix d'achat de 185 F CFA/kg de coton graine et un coût de 6 041 F CFA/ha pour une application insecticide², les ensembles de pratiques de protection phytosanitaire C et D, qui ne diffèrent pas entre eux (contraste 3), procurent les meilleures marges après déduction des coûts de protection chimique (Tableau 17). Leurs marges sont significativement différentes de celles obtenues avec les ensembles de pratiques de protection phytosanitaire A et B (contraste 2) qui ne diffèrent pas statistiquement entre eux ($F = 1,48$ significatif à 23,6 %).

Tableau 17 : stand à la récolte, rendement et marge

	stand en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
A	4,0 b	1 264	197 533 c
B	4,3 b	1 231	225 371 bc
C	7,3 a	1 400	259 000 ab
D	6,6 a	1 534	283 859 a
F ensemble de pratiques	17,97	2,51	5,47
signification en %	0,0	8,6	0,6
CV en %	20,0	18,3	19,9
contrastes			
A	4,0 b	1 264	197 533 b
moyenne B, C et D	6,1 a	1 388	256 077 a
F contraste 1	21,72	1,51	9,82
signification en %	0,0	23,1	0,5
B	4,3 b	1 230 b	225 371 b
moyenne C et D	6,9 a	1 467 a	271 430 a
F contraste 2	30,41	4,84	5,40
signification en %	0,0	3,7	2,9
C	7,3	1 400	259 000
D	6,6	1 534	283 859
F contraste 3	1,78	1,17	1,18
signification en %	19,4	29,2	29,0

5 Conclusions et discussion

Cette étude a confirmé l'intérêt d'associer l'écimage et une forte densité de plantation à des interventions sur seuil observé en 2009 sur les plans biologique (efficacité), environnemental (réduction de l'utilisation d'insecticides), productif et économique. Cependant cet ensemble de pratiques reste significativement moins efficace, vis-à-vis d'*Earias* spp et de l'ensemble des chenilles de la capsule, que des interventions calendaires

² Pour la campagne 2010 le coût de 6 041 F CFA/ha pour une intervention insecticide était décomposé en 4 566 F CFA d'achat d'insecticide (à crédit), 900 F CFA de coût des piles pour une application, 150 F CFA le coût de la main d'œuvre pour la réalisation d'une application et 425 F CFA le coût de l'amortissement et de l'entretien de l'appareil de traitement par application

L'adjonction à cet ensemble de pratiques d'une technologie push-pull reposant sur des pulvérisations d'extraits de neem et l'emploi du gombo comme plante piège autour des parcelles de cotonniers n'améliore pas de façon significative ces performances. Toutefois elle procure un contrôle des chenilles de la capsule (*Earias* spp et ensemble des espèces) équivalent à celui procuré par des interventions. Ce résultat mérite d'être souligné car pour la première fois sans aucune intervention chimique un ensemble d'autres pratiques permet d'obtenir un contrôle des chenilles de la capsule équivalent à celui procuré par 6 interventions chimiques calendaires.

Par ailleurs, l'adjonction de la technologie push-pull a aussi amélioré significativement le taux de capsules entièrement saines et à $p < 0,10$ le taux de rétention des organes fructifères produits sur l'ensemble du cycle fructifère. Ces deux avantages ne se répercutent qu'à $p < 0,10$ sur la production de capsules entièrement saines par plant et par m^2 (mais pas sur le rendement en coton graine), probablement parce que pour les organes fructifères produits au cours des trois premières semaines du cycle fructifère, qui procurent plus de 95 % de la production des ensembles de pratiques C et D, les taux de rétention ne sont significativement pas meilleurs et que les taux de capsules entièrement saines ne le sont qu'à $p < 0,10$.

Ces améliorations apportées par la technologie push-pull mise en œuvre dans cette étude pourraient être attribuées exclusivement aux pulvérisations d'extraits de neem car la variété de gombo (CLEMSOM) a présenté deux faiblesses : un arrêt précoce du cycle et un stand très faible. Mais au regard des infestations de chenilles de la capsule (*Earias* spp et ensemble des chenilles) les bénéfices de la technologie push-pull apparaissent principalement avant l'écimage, probablement parce que les effets de l'écimage sont beaucoup plus forts. En conséquence, les pulvérisations d'extraits de neem ne seraient probablement intéressantes qu'avant l'écimage (ce qui permettrait déjà de réduire à 6 le nombre d'applications d'extraits de neem au lieu de 13). Mais pendant cette période les faiblesses notées à propos du développement de la variété de gombo n'apparaissent probablement pas encore et cette plante a très bien pu remplir son rôle d'attraction vis-à-vis d'*Earias* spp (qui est l'un de ses ravageurs principaux).

Le moins bon contrôle des infestations d'aleurodes par l'ensemble des pratiques phytosanitaires A après l'écimage des cotonniers pourrait résulter des applications plus nombreuses de pyréthrinoïdes par rapport à l'ensemble de pratiques phytosanitaires B comme cela est depuis peu mentionné dans la littérature (les pyréthrinoïdes entraîneraient des modifications biochimiques au niveau des feuilles expliquant la recrudescence de ces ravageurs). Cependant ce désavantage de l'ensemble des pratiques phytosanitaires A pourrait n'être que temporaire car dans toutes les autres études conduites en 2010, cet ensemble de pratiques phytosanitaires n'a pas présenté de faiblesse par rapport à d'autres ensembles de pratiques phytosanitaires (reposant essentiellement sur des interventions sur seuil) pour les infestations d'aleurodes adultes constatée uniquement à la mi-octobre³ (soit 10 jours plus tard que la dernière date d'observation des aleurodes adultes dans cette étude). Mais il conviendrait d'apprécier ce possible désavantage avec des superficies plus importantes que celles des parcelles élémentaires de nos études car les aleurodes adultes sont très mobiles.

L'ensemble de pratiques phytosanitaires B, qui constitue le programme d'interventions sur seuil actuellement diffusé en milieu producteur, procure le moins bon contrôle des chenilles de la capsule mais permet d'économiser 93,3 % d'insecticides par rapport au programme d'interventions calendaires (ensemble de pratiques phytosanitaires A). Toujours par rapport au programme d'interventions calendaires (ensemble de pratiques phytosanitaires A) cette

³ Cette observation a été mise en place en fin de campagne dans toutes nos études en 2010 à la suite du résultat obtenu dans cette étude.

faiblesse dans le contrôle des chenilles de la capsule conduit à un nombre significativement plus faible de capsules entièrement saines par plant ($F = 6,28$ significatif à 2,0 %) et par m^2 ($F = 4,68$ significatif à 4,0 %) résultant d'un taux de rétention des organes fructifères et d'un taux de capsules entièrement saines plus faibles (respectivement $F = 3,61$ significatif à 6,8 % et $F = 2,65$ significatif à 11,5 %). Mais ces derniers désavantages ne se répercutent pas sur la production de coton graine ($F = 0,07$ significatif à 78,8 %) et en conséquence ni sur les marges ($F = 1,48$ significatif à 23,6 %). Ainsi à travers les performances de cet ensemble de pratiques phytosanitaires B, on peut conclure que de faibles pertes de production dues aux ravageurs (ici 33 kg/ha) peuvent être économiquement rentables.

Enfin même si peu d'effets significatifs apparaissent les observations concernant les prédateurs ne sont pas totalement décevantes. Elles montrent en effet que les populations de prédateurs sont extrêmement faibles avant l'écimage des cotonniers (soit le 69^{ième} JAL en moyenne) : en moyenne 0,38 prédateur par plant et par observation (tous types et tous stades confondus). Comme pour les ravageurs, la longue durée de la période sèche en est probablement responsable. Mais comme dans la plupart de nos études depuis 2001 les interventions sur seuil contre les chenilles de la capsule sont très exceptionnelles réalisées avant cette date, il est peut probable contre ces ravageurs de définir des seuils d'intervention prenant en compte les populations existantes de prédateurs qui présentent un intérêt alors que cela semble être le cas vis-à-vis d'autres ravageurs (en particulier les pucerons) dans d'autres situations.

La même étude mériterait certainement d'être reconduite en 2011 pour en confirmer les résultats car, à moins que cela ne résulte des modalités mises en œuvre (61,9 % des cotonniers de cette étude ont été écimés), la pression en chenilles de la capsule y a été très faible. Pour améliorer en efficacité ou sur le plan de sa mise en œuvre l'ensemble de pratiques D, il pourrait être intéressant dans des expérimentations complémentaires :

- 1) d'évaluer les intérêts respectifs et combinés de la technologie push et de la technologie pull
- 2) d'examiner si la limitation du recours à la technologie push, à base de pulvérisations d'extraits de neem, à la période avant l'écimage des cotonniers est suffisante en termes d'efficacité vis-à-vis des chenilles de la capsule
- 3) d'améliorer la technologie pull par le choix d'une autre variété de gombo ou d'une autre plante piège avec d'autres dispositifs d'insertion et/ou d'autres itinéraires techniques
- 4) d'exploiter la propriété qu'a l'écimage d'étendre ses effets réducteurs des infestations de chenilles de la capsule à des plants voisins non écimés
- 5) d'améliorer les taux de rétention des premiers organes fructifères (choix variétal – régulateur de croissance)

Par ailleurs il conviendrait dans ces études :

- 1) d'améliorer l'approche économique en tenant compte du coût de toutes les pratiques mises en œuvre : écimage, implantation de gombo et technologies pull et surtout push (à base de pulvérisation d'extraits de neem)
- 2) d'étendre les observations à des ravageurs autres que les chenilles de la capsule (en particulier les aleurodes) en élaborant des méthodologies appropriées pour tenir compte de la suppression des cimes de cotonniers
- 3) d'améliorer si cela est possible les observations sur la faune auxiliaire (au moins en augmentant le nombre de plants à observer) et mieux apprécier les relations en groupes d'auxiliaires
- 4) d'isoler de manière plus forte les parcelles dont les cotonniers doivent être écimés pour éviter que cette pratique n'influence les infestations sur les autres parcelles

Enfin, dans d'autres types d'études, il faudrait vérifier si les pullulations d'aleurodes qui sont souvent observées en culture cotonnière au Mali ne résultent pas de l'emploi prolongé de pyréthriinoïdes (à partir du 73^{ième} JAL).

annexe 1

parcelle :

date :

dénombrements

coccinelles



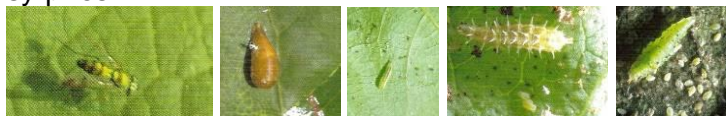
	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
œuf					
larve					
nymphe					
adulte					

chrysopes



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
œuf					
larve					
adulte					

symples



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
larve					
pupe					
adulte					

hémérobes



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
larve					
adulte					

araignées



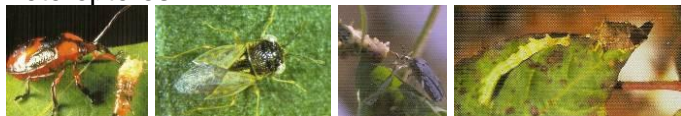
	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
nombre					

carabes



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
larve					
adulte					

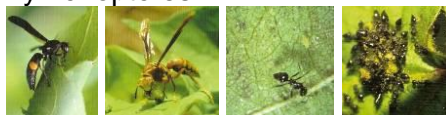
hétéroptères



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
larve					
adulte					



hyménoptères



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
guêpe					
fourmi					

autres auxiliaires



	plant1	plant2	plant3	plant4	plant5
libellule					
mante					
œcanthus					
forficule					

EVALUATION DE DIFFERENTES REGLES DE DECISION POUR INTERVENIR SUR SEUIL CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE EN CULTURE COTONNIERE AU MALI

1 Justification

En dépit de performances environnementales (69 % d'économies en insecticides) et économiques (augmentation de 4,5 % des revenus) très satisfaisantes, le programme actuel d'interventions sur seuil au Mali présente quelques faiblesses parmi lesquelles : une moins bonne efficacité vis-à-vis des chenilles de la capsule (*Helicoverpa armigera* Hübner, *Diparopsis watersi* Rotschild et *Earias* spp.) par rapport aux anciennes pratiques de protection et une relative complexité de la règle de décision pour intervenir contre ces ravageurs (atteinte d'un niveau d'infestation de 5 chenilles/25 plants) qui freine probablement l'adhésion de producteurs et ralentit la diffusion de cette nouvelle approche de protection. Changer la règle de décision pour intervenir contre ces ravageurs pourrait améliorer ces deux faiblesses.

2 Objectifs

Le principal objectif de cette étude a été d'évaluer l'intérêt de nouvelles règles de décision pour intervenir contre les chenilles de la capsule en culture cotonnière au Mali sur le plan de l'efficacité vis-à-vis de ces ravageurs, de la simplicité de leur mise en œuvre par rapport à la règle actuellement utilisée et des performances environnementales, productives et économiques.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités étudiées et dispositif statistique

Dans un dispositif en blocs de Fisher à 6 répétitions cinq programmes de protection phytosanitaire de la culture cotonnière ont été étudiés (Tableau 1).

Tableau 1 : description des programmes de protection comparés

	type d' intervention	type de seuil
PV	calendaire	pas de seuil
PS	sur seuil	5 chenilles/25 plants
PSN1	sur seuil	1 chenille/12 plants
PSN2	sur seuil	16 % de plants avec des pontes
PSN3	sur seuil	LOIC

Le programme d'interventions calendaires (PV) a reposé sur six applications insecticides réalisées tous les 14 jours à partir du 45^{ème} jour après la levée (JAL). Les programmes d'interventions sur seuil ont reposé sur des applications insecticides décidées par parcelle élémentaire si :

- les infestations de chenilles de la capsule atteignaient 5 chenilles / 25 plants pour PS
- une seule chenille de la capsule était observée en examinant au maximum 12 plants pour PSN1
- 16 % de plants hébergeaient des pontes de ces ravageurs pour PSN2

- l'échantillonnage séquentiel conduisait à cette décision d'intervenir pour PSN3

Les observations de chenilles de la capsule, qui étaient hebdomadaires, ont débuté au 30^{ième} JAL pour s'arrêter au 114^{ième} JAL. Pour les observations dans les parcelles recevant le programme PSN3 on disposait d'une tablette munie de lignes de trous représentant des plants à observer et d'un curseur (ou poinçon ou pointeur) que l'on déplaçait après chaque plant observé (Figure 1). Le déplacement du curseur était longitudinal à raison d'un trou pour chaque nouveau plant observé sur la même ligne de trous si ce nouveau plant n'hébergeait pas de chenille mais en changeant d'autant de lignes de trous qu'il y a eu de chenilles observées sur ce nouveau plant. Lorsque le curseur était pour la première fois placé dans la zone rouge même si les 25 plants n'avaient pas encore été observés la décision de réaliser une application insecticide était immédiatement prise. Lorsque le curseur était pour la première fois dans la zone verte même si les 25 plants n'avaient pas encore été observés la décision de ne pas réaliser d'application insecticide était immédiatement prise. Enfin, si après l'observation des 25 plants, le curseur restait situé dans la zone grise la décision de ne pas réaliser d'application insecticide était prise.



Figure 1 : planchette et curseur

Une alternative aux pyréthrianoïdes, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor[®], contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88[®], contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

3.2 dimensions des parcelles élémentaires

La parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 10 mètres mais seules les 6 lignes centrales étaient concernées par les applications insecticides.

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire, toutes les pratiques culturales (date de semis, densité de plantation, entretien contre l'enherbement et fertilisation minérale) ont été celles recommandées au Développement. Cependant compte tenu de la faible fertilité des sols de Farako 10 tonnes de fumier ont été apportés par hectare avant le labour opéré le 15 juin. La variété STAM 59 A fut sélectionnée pour cette étude. Le semis a été réalisé le 17 juin avec des lignes espacées de 0,8 mètre et des poquets espacés de 0,3 mètre. Les premières levées de cotonniers furent observées 2 jours plus tard. Le démariage à deux plants/poquet fut effectué au 17^{ième} JAL. Quatre sarclages manuels ont été réalisés respectivement au

21^{ième}, 42^{ième}, 51^{ième} et 56^{ième} JAL. La fertilisation minérale était composée de 200 kg/ha d'engrais complet (NPKSB) apportés au 21^{ième} JAL et de 50 kg/ha d'urée apportés au 41^{ième} JAL. Le buttage fut réalisé au 57^{ième} JAL.

3.4 observations

3.4.1 *date d'apparition du premier bouton floral*

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les 3 jours le nombre de plants ayant des squares (très jeunes boutons floraux) a été relevé à partir du 25^{ième} JAL. Dès que ce nombre était égal à la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée la date d'apparition des squares au niveau de 50 % des plants.

3.4.2 *chenilles de la capsule*

A partir 30^{ième} jour après la levée et jusqu'au 114^{ième} jour après la levée, les chenilles de la capsule (en distinguant les espèces) ont été dénombrées par plant une fois par semaine sur toutes les parcelles élémentaires mais sur un nombre de plants variable suivant les programmes de protection : 25 plants par parcelle élémentaire appartenant aux programmes de protection PV, PS et PSN2, au maximum 25 plants par parcelle élémentaire appartenant au programme de protection PSN3 et au maximum 12 plants par parcelle élémentaire appartenant au programme de protection PSN1.

3.4.3 *pontes de chenilles de la capsule*

Cette observation, qui ne concernait que les parcelles élémentaires du programme de protection PSN2, a consisté à dénombrer les plants hébergeant des pontes de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) en examinant 25 plants par parcelle élémentaire (ces plants étant différents de ceux servant aux dénombrements de chenilles de la capsule). Pour faciliter l'observation des pontes un manchon de toile moustiquaire enveloppant le sommet de chaque plant était placé en fin de journée la veille d'une observation (ces manchons étaient soigneusement débarrassés des pontes après chaque observation).

3.4.4 *examen de la production à l'échelle de plants⁴*

Un tronçon de 4,5 mètres a été délimité sur une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire après l'ouverture de toutes les capsules. Pour chaque plant présent sur chaque tronçon on n'a observé que les premières positions de branches fructifères. Pour chaque position présente on a indiqué si elle était occupée par une capsule entièrement saine, par un autre organe fructifère (bouton, fleur, capsule partiellement saine, capsule pourrie ou capsule momifiée sans distinction) ou si l'organe fructifère était absent.

3.4.5 *rendement et stand à la récolte*

Le coton graine produit sur les 4 lignes centrales de chaque parcelle a ensuite été récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

⁴ Des études conduites en 2008 et en 2009 avec la variété STAM 59 A ont montré que cet examen simplifié de la production à l'échelle de plant rendait parfaitement compte de certaines caractéristiques de la production à l'échelle de plants entiers : taux de capsules entièrement saines, nombre de capsules entièrement saines et taux de rétention des organes fructifères

3.5 analyse des résultats

Les résultats de toutes les observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de leur indépendance vis-à-vis des facteurs étudiés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance. Enfin pour chaque analyse de variance la signification d'un contraste a été appréciée (Tableau 2) : il opposait la modalité PV (traitements calendaires) à la moyenne des autres modalités (traitements sur seuil).

Tableau 2 : coefficients des différents contrastes utilisés

modalité	contraste
PV	4
PS	-1
PSN1	-1
PSN2	-1
PSN3	-1

4 Résultats

4.1 date d'apparition des squares

Les premiers squares sont apparus en moyenne au 37^{ième} JAL ce qui est relativement tardif par rapport aux campagnes précédentes pour la STAM 59 A. Fort logiquement aucune différence statistiquement significative n'est apparue entre les programmes de protection et le contraste n'a pas été significatif (Tableau 3).

Tableau 3 : date d'apparition des squares

	date (en JAL) d'apparition des squares
PV	36,2
PS	38,7
PSN1	36,4
PSN2	35,7
PSN3	35,5
F programme	0,76
signification en %	56,5
CV en %	9,9
contraste	
PV	36,2
moyenne des autres modalités	36,5
F contraste	0,05
signification en %	81,8

4.2 infestations de chenilles de la capsule et interventions sur seuil

Sur l'ensemble de la campagne les chenilles d'Earias spp représentaient 48,2 % des chenilles dénombrées, celles d'H. armigera 39,8 % et celles de D. watersi 12,0 %. Mais, ce

complexe des chenilles de la capsule n'a été dominé par *Earias* spp que jusqu'au 65^{ième} JAL car par la suite *H. armigera* domina ce complexe jusqu'au retour d'*Earias* spp au 93^{ième} JAL (Figure 2). *D. watersi* a été plus discret mais n'a pas été totalement absent de ce complexe en particulier au 65^{ième} JAL et en fin de campagne (Figure 2).

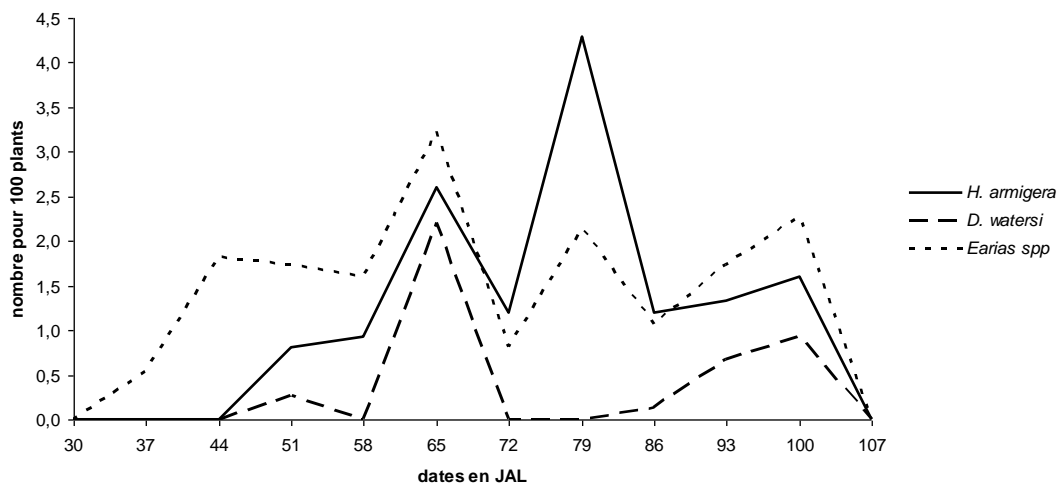


Figure 2 : dynamique moyenne des infestations en chenilles de la capsule en fonction des espèces

Alors que les premières chenilles de la capsule sont observées au 37^{ième} JAL, les pontes de ces ravageurs ne sont observées qu'à trois dates : au 72^{ième}, 79^{ième} (date correspondant à un pic d'infestation en chenilles de la capsule) et 107^{ième} JAL (Figure 3). Le seuil de 16 % de plants hébergeant des pontes n'a été atteint au 72^{ième} JAL que sur 1 parcelle élémentaire et au 79^{ième} JAL que 3 parcelles élémentaires du programme de protection PSN2.

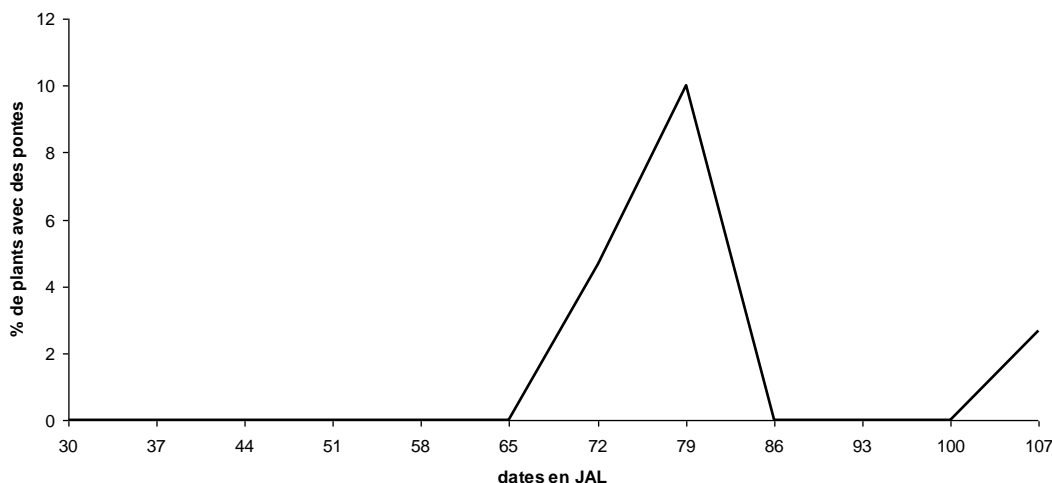


Figure 3 : évolution des taux de plants hébergeant des pontes de chenilles de la capsule

Les infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) n'ont pas été négligeables puisqu'en moyenne elles dépassent le seuil de 5 chenilles pour 25 plants au 65^{ième} et au 79^{ième} JAL et le frôlent au 100^{ième} JAL (Figure 4). Aucune intervention sur seuil n'a été réalisée avant le 65^{ième} JAL (Figure 4). Pour le programme de protection PSN2, les interventions sur seuil furent réalisées plus tardivement que pour les autres programmes de protection reposant sur des interventions sur seuil (Figure 4). Les interventions sur seuil s'arrêtèrent plus tôt pour les programmes de protection PSN1 et PSN2 que pour les autres

programmes de protection reposant sur des interventions sur seuil (Figure 4). Les interventions sur seuil ont principalement été réalisées aux moments des pics d'infestation en chenilles de la capsule (Figure 4) mais surtout au moment du deuxième pic d'infestation (au 79^{ième} JAL).

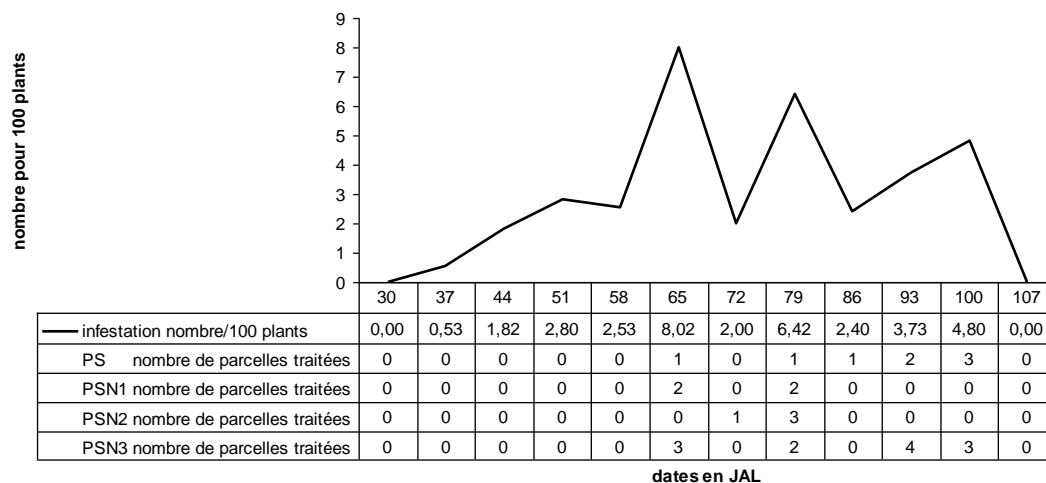


Figure 4 : dynamique moyenne des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) et interventions sur seuil en fonction des modalités.

Sur l'ensemble de la campagne le nombre d'interventions insecticides a été significativement plus élevé sur les parcelles élémentaires recevant des applications calendaires (programme de protection PV), puis successivement sur celles étant protégées en respectant la règle du programme de protection PSN3 et sur celles protégées en respectant la règle du programme de protection PS (Tableau 4). Les règles des programmes de protection PSN1 et PSN2 ont conduit significativement à moins d'interventions sur seuil.

Tableau 4 : nombre d'interventions insecticides par hectare

	nombre d'interventions insecticides par ha
PV	6,0 d
PS	1,3 b
PSN1	0,7 a
PSN2	0,7 a
PSN3	2,0 c
F programme	144,52
signification en %	0,0
CV en %	21,3
	contraste
PV	6,0 b
moyenne des autres modalités	1,2 a
F contraste	542,58
signification en %	0,0

Mais le contrôle des chenilles de la capsule ne reflète que partiellement les différences dans les nombres d'interventions insecticides entre les programmes de protection. En effet, si comparé à l'ensemble des programmes avec des interventions sur seuil le programme de protection PV procure de manière significative le meilleur contrôle des infestations d'*Earias* spp, d'*H. armigera* et de l'ensemble des chenilles de la capsule, son efficacité vis-à-vis d'*H. armigera* n'est pas significativement différente de celle du programme de protection PSN2 et

son efficacité vis-à-vis d'Earias spp comme de l'ensemble des chenilles de la capsule est statistiquement équivalente à celles des programmes de protection PSN1 et PSN2 (Tableau 5). De plus probablement parce que ses interventions ont été plus nombreuses le programme de protection PSN3 a toujours été plus efficace que le programme de protection PS (Tableau 5), ces deux derniers programmes de protection étant par ailleurs les moins efficaces de l'étude (Tableau 5).

Tableau 5 : infestations de chenilles de la capsule

	nombre pour 100 plants par observation			
	H. armigera	D. watersi	Earias spp	cumul
PV	0,22 a	0,00	0,28 a	0,50 a
PS	2,33 c	0,72	4,11 c	7,17 c
PSN1	1,42 b	0,00	0,54 a	1,96 a
PSN2	0,61 ab	0,00	0,28 a	0,89 a
PSN3	1,23 b	1,03	1,83 b	4,09 b
F programme	8,25	2,07	20,90	18,70
signification en %	0,0	12,3	0,0	0,0
CV en %	59,4	239,1	62,5	53,4
contraste				
PV	0,22 a	0,00	0,28 a	0,50 a
moyenne des autres modalités	1,40 b	0,44	1,69 b	3,53 b
F contraste	13,89	1,31	12,39	18,08
signification en %	0,1	26,5	0,2	0,0

4.3 répartition de la production à l'échelle de plants

Aucune différence significative n'apparaît entre les programmes de protection comparés pour le nombre de branches fructifères par plant (Tableau 6). Le contraste n'est également pas significatif pour cette caractéristique. Par contre le programme de protection PV procure une production de capsules entièrement saines par plant significativement supérieure à celle observée en moyenne avec tous les autres programmes de protection (Tableau 6). Mais elle n'est significativement différente que de celle observée avec le programme de protection PSN3 (Tableau 6). Il en est de même pour le taux de rétention des organes fructifères à la différence que celui observé avec le programme de protection PV, qui est le plus élevé, n'est significativement supérieur qu'à ceux observés avec les programmes de protection PS et PSN3 (tableau 6). Enfin, aucune différence significative n'apparaît entre les programmes de protection pour le taux de capsules entièrement saines et le contraste pour cette caractéristique n'est également pas significatif (Tableau 6). Cet absence d'effet des programmes de protection sur le taux de capsules entièrement est probablement à l'origine de l'excellente liaison obtenue dans cette étude entre le taux de rétention des organes fructifères et le nombre de capsules entièrement saines par plant ($r = 0,779$ significatif à $p < 0,01$). Enfin il n'existe pas de différence significative entre les programmes de protection comparés pour la précocité d'élaboration de la production de capsules entièrement saines (Tableau 7) probablement parce que :

- 1) les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des premières semaines du cycle fructifère évoluent de manière comparable en fonction des programmes de protection (Figure 5) avec presque toujours un avantage pour le programme de protection PV et de faibles performances pour le programme de protection PSN3 (Tableau 8)

- 2) aucune différence significative n'apparaît entre les programmes de protection pour les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits et retenus des premières semaines cycle fructifère (Tableau 9)

Tableau 6: résultats des examens à l'échelle de plants au niveau des productions totales des premières positions de branche fructifère

	nombre de branches fructifères par plant	nombre de capsules entièrement saines par plant	taux global de rétention en %	taux global de capsules entièrement saines en %
PV	13,7	6,1 a	50,6 a	87,4
PS	13,3	4,6 ab	41,4 b	87,2
PSN1	14,6	5,5 ab	45,3 ab	84,9
PSN2	14,1	4,9 ab	43,3 ab	85,0
PSN3	14,1	4,2 b	37,5 b	84,2
F programme	0,69	3,70	5,03	0,20
signification en %	60,8	2,1	0,6	93,5
CV en %	10,3	18,9	7,4	9,8
Contraste				
PV	13,7	6,1 a	50,6 a	87,4
moyenne des autres modalités	14,0	4,8 b	41,9 b	85,4
F contraste	0,27	8,66	12,90	0,32
Signification en %	61,5	0,8	0,2	58,7
Transformation			arcsin√p	arcsin√p

Tableau 7 : date extrême d'apparition des organes fructifères les plus précoces contribuant à certains pourcentages de la production totale de capsules entièrement saines

	date (en JAL) extrême d'apparition des organes fructifères les plus précoces contribuant à x % de la production totale de capsules entièrement saines				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
PV	50,3	52,7	55,4	58,7	63,5
PS	49,3	51,2	53,4	56,3	61,1
PSN1	50,3	52,5	55,2	58,6	63,5
PSN2	49,6	51,6	53,8	56,9	61,3
PSN3	50,2	52,4	54,9	58,3	62,9
F programmes	0,40	0,53	0,67	0,72	0,47
signification en %	80,6	71,6	62,6	59,0	75,7
CV en %	3,7	4,2	4,7	5,4	6,8
contraste					
PV	50,3	52,7	55,4	58,7	63,5
moyenne des autres modalités	49,8	51,9	54,3	57,5	62,2
F contraste	0,34	0,55	0,76	0,69	0,46
signification en %	57,5	47,4	39,8	42,1	51,1

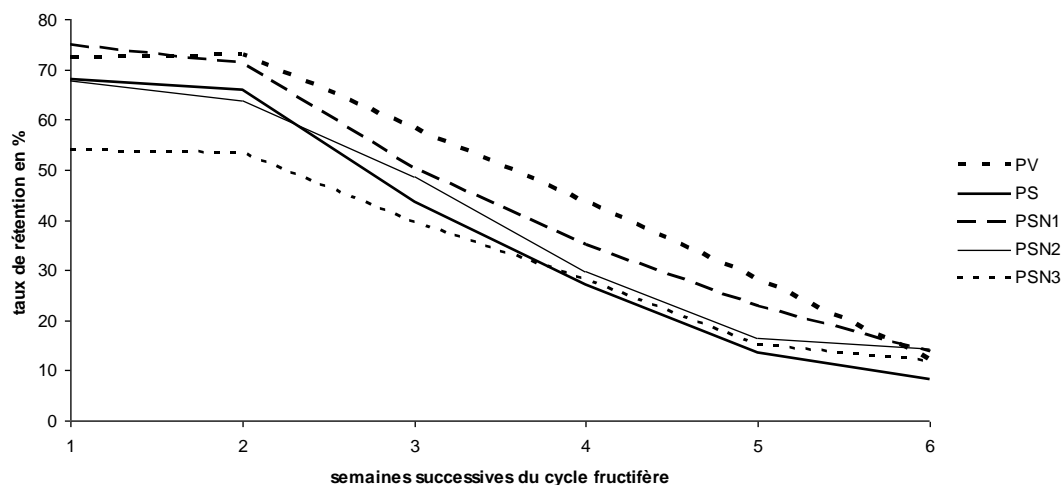


Figure 5 : évolution des taux de rétention des organes fructifères produits par semaine successive depuis le début du cycle fructifère en fonction des programmes de protection

Tableau 8 : taux de rétention des organes fructifères produits au cours de six premières semaines du cycle fructifère

	taux (en %) de rétention des organes fructifères produits au cours des 6 premières semaines du cycle fructifère					
	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	semaine 5	semaine 6
PV	73,2	73,8 a	58,2 a	43,4	27,7	6,7
PS	68,5	65,9 ab	43,5 ab	26,8	12,4	4,9
PSN1	75,3	71,4 ab	50,3 ab	34,6	21,2	11,3
PSN2	68,3	64,0 ab	48,6 ab	28,8	13,2	11,6
PSN3	55,0	53,4 b	39,6 b	27,2	12,1	8,1
F programmes	1,69	4,46	3,13	1,88	1,73	0,31
signification en %	19,0	1,0	3,7	15,3	18,1	86,9
CV en %	16,2	10,1	12,9	22,0	38,9	80,0
	contraste					
	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4	semaine 5	semaine 6
PV	73,2	73,8 a	58,2 a	43,4 a	27,7 a	6,7
moyenne des autres modalités	66,9	63,8 b	45,5 b	29,3 b	14,6 b	8,8
F contraste	0,91	6,05	8,08	5,95	4,69	0,13
signification en %	35,5	2,2	1,0	2,3	4,1	71,9
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Tableau 9 : taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de quatre premières semaines du cycle fructifère

taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de 4 premières semaines du cycle fructifère				
	semaine 1	semaine 2	semaine 3	semaine 4
PV	87,6	92,3	94,3	94,8
PS	85,0	92,2	91,9	94,2
PSN1	74,3	89,8	97,3	89,8
PSN2	84,6	94,1	93,3	96,8
PSN3	86,8	93,0	92,5	97,4
F programmes	0,69	0,32	0,98	0,60
signification en %	61,2	86,0	44,3	66,9
CV en %	17,6	9,8	9,1	15,1
contraste				
PV	87,6	92,3	94,3	94,8
moyenne des autres modalités	82,9	92,4	94,0	94,9
F contraste	0,51	0,00	0,02	0,00
signification en %	48,9	98,0	90,1	96,4

4.4 stand à la récolte, rendement et marge après déduction des coûts de protection

Aucune différence significative entre les programmes de protection et aucun contraste significatif n'est apparu dans les stands à la récolte et les rendements en coton graine (Tableau 10). Avec un prix d'achat de 185 F CFA/kg de coton graine et un coût de 6 041 F CFA/ha pour une application insecticide⁵, aucune différence significative n'apparaît entre les programmes de protection dans leurs marges après déduction des coûts de protection et le contraste n'est pas significatif malgré un avantage de 8,5 % en faveur des programmes avec des interventions sur seuil (Tableau 10).

Tableau 10 : stand à la récolte, rendement et marge

	stand en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
PV	4,1	1247	194 522
PS	3,7	1232	219 823
PSN1	4,3	1125	204 098
PSN2	4,1	1172	212 770
PSN3	4,0	1188	207 606
F programmes	0,79	0,79	0,88
signification en %	54,9	54,7	49,6
CV en %	15,1	11,3	11,9
contrastes			
PV	4,1	1247	194 522
moyenne des autres modalités	4,0	1179	211 074
F contraste	0,07	1,24	2,14
signification en %	78,8	27,9	15,6

⁵ Pour la campagne 2010 le coût de 6 041 F CFA/ha pour une intervention insecticide était décomposé en 4 566 F CFA d'achat d'insecticide (à crédit), 900 F CFA de coût des piles pour une application, 150 F CFA le coût de la main d'œuvre pour la réalisation d'une application et 425 F CFA le coût de l'amortissement et de l'entretien de l'appareil de traitement par application

5 Conclusions et discussion

D'une manière générale les programmes d'interventions sur seuil ont permis d'économiser beaucoup d'insecticides (au minimum 66,7 %) par rapport au programme d'interventions calendaires (PV) et leurs performances économiques sont supérieures (en moyenne de 8,5 %) même si elles ne diffèrent pas statistiquement.

Le nombre d'interventions sur seuil avec le programme PSN3 (LOIC) peut apparaître surprenant car il est significativement supérieur à celui obtenu avec le programme PS. Cela aurait pu résulter de l'observation dès les premiers plants d'un nombre suffisant de chenilles de la capsule pour que le curseur soit rapidement dans la zone rouge (exemple : 2 chenilles sur les 3 premiers plants) alors que l'infestation de la parcelle n'atteint pas en moyenne 5 chenilles de la capsule pour 25 plants. Mais cette situation n'a peut être été rencontrée qu'une seule fois le 23/8 (65^{ième} JAL) et sur une seule parcelle où 4 chenilles de la capsule ont été dénombrées sur les 6 premiers plants observés (l'observation ayant été arrêtée au 6^{ième} plant, l'infestation moyenne de la parcelle n'a pas pu être connue). Ce nombre plus élevé d'interventions sur seuil avec le programme PSN3 (LOIC) qu'avec le programme PS résulte surtout de 11 mauvaises prises de décision parcellaire entre le 23 août et le 27 septembre : en effet dans chacune de ces 11 situations (parcelle x date) alors que le curseur devait probablement rester dans la zone grise au terme de l'observation des 25 plants, la décision de réaliser une intervention a été prise alors qu'elle n'aura pas du l'être parce que curseur avait été déplacé verticalement par erreur d'une ou plusieurs lignes de trous. Ces erreurs commises par des techniciens soulignent peut être une difficulté de compréhension et de mise en œuvre de la règle associée à ce programme d'interventions sur seuil. Normalement avec le programme PSN3 (LOIC) en moyenne 0,2 intervention sur seuil / ha aurait du être effectuée au lieu de 2,0 interventions sur seuil / ha et le programme PSN3 (LOIC) aurait été le plus économe en insecticide de tous les programmes avec des interventions sur seuil.

Cependant malgré ce nombre de 2,0 interventions sur seuil / ha, le programme PSN3 (LOIC) contrôle moins bien les infestations de chenilles de la capsule (à l'exception peut être d'*H. armigera*) que les programmes PSN1 et PSN2 qui n'ont pourtant conduit en moyenne qu'à 0,7 interventions sur seuil / ha (ce sont d'ailleurs les programmes les plus économes en insecticides). L'efficacité du programme PSN3 (LOIC) vis-à-vis de chenilles de la capsule (*H. armigera* et *Earias* spp) reste toutefois meilleure que celle du programme PS probablement parce qu'il a conduit à 0,7 intervention sur seuil supplémentaire / ha. Toutefois cet avantage ne lui procure pas de meilleures performances que le programme PS en production qu'il s'agisse du nombre de capsules entièrement saines par plant, du taux de rétention des organes fructifères, du taux de capsules entièrement saines et du rendement en coton graine, même si les différences ne sont jamais significatives.

Les programmes PSN1 et PSN2, même s'ils ont permis d'économiser plus d'insecticides que les programmes PS et PSN3, ont été plus efficaces qu'eux vis-à-vis des chenilles de la capsule (*D. watersi* et *Earias* spp et *H. armigera*). Leur efficacité vis-à-vis de ces ravageurs n'est d'ailleurs pas différente de celle du programme d'interventions calendaires (PV) sauf vis-à-vis d'*H. armigera* pour le programme PSN1. Du fait de ces efficacités ils ne diffèrent pas statistiquement du programme d'interventions calendaires (PV) pour les caractéristiques de la production : nombre de capsules entièrement saines par plant, taux de rétention des organes fructifères, taux de capsules entièrement saines et rendement en coton graine. Pour PSN1 et PSN2 les performances de cette campagne sont meilleures que celles observées en moyenne par le passé respectivement depuis 2006 et depuis 2009. Enfin, avec le programme PSN1 le temps d'observation a été réduit en moyenne de 54,5 % du fait de l'arrêt des observations dès qu'une chenille était rencontrée, ce chiffre étant voisin de celui obtenu pour ce même programme en 2009.

Après 4 ans d'étude le programme PSN1 pourrait être proposé à des producteurs car il réduit le temps consacré aux observations et conduit à des réductions importantes de l'utilisation d'insecticides par rapport au programme d'interventions calendaires (même si celles de cette année ont été exceptionnellement plus élevées que par le passé : 83,3 % contre en moyenne 63 % par le passé). Le programme PSN3 (LOIC) mérite d'être étudié une nouvelle fois en raison des erreurs commises au cours de cette campagne et des perspectives d'économies d'insecticides qui auraient pu être obtenues. Le programme PSN2 mériterait de voir ses bonnes performances confirmées au cours d'une troisième année d'étude.

ETUDE DE L'EVOLUTION DES TENEURS EN PROTEINES SOLUBLES CHEZ LE COTONNIER EN FONCTION DES PRATIQUES DE FERTILISATION ORGANO-MINERALE

1 Justification

Des études réalisées aux Etats-Unis suggèrent que la richesse du milieu en azote influence la concentration en protéines Bt dans la plante et par conséquent les capacités de cette plante à limiter les infestations des ravageurs ciblés par ces protéines. Par ailleurs la teneur en protéines Bt dans une plante est fortement corrélée à la concentration en protéines solubles. Dans l'éventualité de l'introduction au Mali de cotonniers génétiquement modifiés, il importe alors de savoir s'il faut modifier les recommandations en matière de fumure azotée pour avoir des teneurs en protéines solubles toujours suffisantes au cours du cycle de la plante et permettre ainsi l'élaboration de toxines dans les quantités nécessaires à leur efficacité.

2 Objectifs

Le premier objectif de cette étude a été de suivre l'évolution des teneurs en protéines solubles chez le cotonnier en fonction de pratiques de fertilisation organo-minérale appliquées par les producteurs et recommandées par la recherche en fonction de la date de semis de la culture. Le deuxième objectif a été de déterminer des périodes qui pourraient être critiques en termes de teneurs en protéines solubles pour une synthèse des toxines en quantités suffisantes pour être efficaces. Enfin en fonction des données bibliographiques disponibles, la justesse des pratiques et des recommandations en matière de fertilisation organique et minérale devait être appréciée.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités étudiées et dispositif statistique

Dans un dispositif en blocs de Fisher à 5 répétitions 6 modes de conduite de la culture cotonnière en termes de fertilisation organo-minérale en liaison avec la date de semis de la culture ont été étudiés (Tableau 1).

Tableau 1 : modalités de fertilisation organo-minérale étudiées

	date de semis	fertilisation	engrais complet		urée	
		organique	quantité	date d'apport	quantité	date d'apport
A	S1	aucun apport	100 kg/ha	20 JAL ⁶	50 kg/ha	50 JAL
B	S1	3 tonnes/ha	100 kg/ha	20 JAL	50 kg/ha	50 JAL
C	S1	5 tonnes/ha	200 kg/ha	au semis	50 kg/ha	50 JAL
D	S2	aucun apport	100 kg/ha	20 JAL	50 kg/ha	20 JAL
E	S2	3 tonnes/ha	100 kg/ha	20 JAL	50 kg/ha	20 JAL
F	S2	5 tonnes/ha	200 kg/ha	au semis	50 kg/ha	50 JAL

La première date de semis (S1) eut lieu le 18 juin et la deuxième date de semis (S2) 23 jours plus tard soit le 10 juillet. La fertilisation organique a été apportée puis enfouies dès l'implantation de l'étude donc avant les premiers semis.

⁶ JAL = jour après la levée

3.2 dimensions des parcelles élémentaires

La parcelle élémentaire comprenait 6 lignes de 5 mètres. Seules les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire ont été concernées par les pratiques de fertilisation minérale (engrais complet et urée). Les autres lignes des parcelles n'ont pas reçu de fertilisation minérale.

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire qui était maximale grâce à des applications hebdomadaires depuis le 30^{ième} JAL jusqu'à l'ouverture de premières capsules⁷, de la date de semis et de la fertilisation organo-minérale, toutes les pratiques culturales ont été celles recommandées au Développement : variété STAM 59 A, densité de plantation de 8,3 plants/m² (interligne de 0,8 mètre, inter poquet de 0,3 mètre et démariage à 2 plants/poquets), contrôle de l'enherbement par des sarclages manuels en nombre suffisant et buttage au 50-60^{ième} JAL. Les données précises des opérations culturales sont présentées en annexe 1.

3.4 observations

3.4.1 date d'apparition du premier square

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les 3 jours le nombre de plants ayant des squares (très jeunes boutons floraux) a été relevé à partir du 25^{ième} JAL. Dès que ce nombre était égal à la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée les dates d'apparition du premier square et des squares au niveau de 50 % des plants.

3.4.2 monitoring du développement végétatif et fructifère des cotonniers

Au niveau de 10 plants sélectionnés sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire (5 plants sur chaque ligne) des observations ont été conduites tous les 14 jours à partir du 30^{ième} JAL et jusqu'au 100^{ième} JAL pour suivre individuellement leur développement végétatif et fructifère. Ces plants n'ont pas changé du début à la fin de la campagne. Pour le développement végétatif on s'est intéressé au nombre de nœuds apparus sur l'axe principal depuis le nœud cotylédonaire, à la hauteur du cotonnier depuis le nœud cotylédonaire et au nombre de branches végétatives développées. Pour le développement fructifère on s'est intéressé au numéro du nœud de la première branche fructifère et à l'occupation des premières positions fructifères de chaque branche fructifère en notant la nature de l'organe présent s'il y en avait un.

3.4.3 date d'apparition de la première fleur

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une des lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. On a compté quotidiennement le nombre de fleurs épanouies (fleurs

⁷ Une alternative aux pyrèthrinoides, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor[®], contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88[®], contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

blanches) sur cette ligne à partir du 55^{ième} JAL. Dès que le cumul des observations depuis le début atteignait la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée les dates d'apparition de la première fleur et des fleurs au niveau de 50 % des plants.

3.4.4 prélèvements périodiques de feuilles (sans leurs pétioles)

A partir du 35^{ième} JAL puis tous les 15 jours jusqu'au 95^{ième} JAL on a prélevé des feuilles au niveau de 5 cotonniers pris sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire (2 plants sur l'une et 3 sur l'autre). Dans la sélection de ces plants on a évité ceux suivis de manière périodique pour leur développement végétatif et fructifère. Par ailleurs ces 5 plants devaient être différents à chaque date de prélèvement. Au niveau de chaque plant 3 feuilles ont été prélevées : en partant du sommet du plant et en descendant vers le bas du plant on a prélevé les 3^{ième}, 4^{ième} et 5^{ième} feuille développée (figure 1). L'ensemble des feuilles prélevées au niveau d'une parcelle (soit 15 feuilles) a été placé dans un sac plastique dans lequel on a inséré une étiquette portant le numéro de la parcelle et la date du prélèvement. Les sacs de prélèvement ont été rapidement mis au congélateur pour une conservation. Les analyses de teneurs en protéines solubles de ces échantillons de feuilles ont été par la suite effectuées.



Figure 1 : 3^{ième} et 4^{ième} feuille à prélever

3.4.5 date de première ouverture des capsules

Cette observation a concerné tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les quatre jours le nombre de plants ayant des capsules ouvertes (une seule capsule ouverte par plant suffisant) a été relevé sur chaque ligne à partir du 90^{ième} JAL. Dès que ce nombre atteignait la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée les dates de première ouverture des capsules et de première ouverture des capsules sur 50 % des plants.

3.4.6 analyse de la production à l'échelle de plant

Tous les cotonniers présents sur une des deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire ont été examinés avant la récolte. Au niveau de chaque cotonnier on s'est intéressé d'abord aux premières positions des branches fructifères en commençant par la première branche fructifère. Au niveau de chaque première position de branche fructifère on a noté par

- CS : la présence d'une capsule entièrement saine
- CPS : la présence d'une capsule partiellement saine
- CP : la présence d'une capsule pourrie
- CM : la présence d'une capsule momifiée

- B : la présence d'un bouton floral
 F : la présence d'une fleur
 O : l'absence d'organe fructifère

D'autres caractéristiques (hauteur, nombre de nœuds de la tige principale, numéro du nœud de la première branche fructifère, nombre de branches végétatives, nombre et nature des organes fructifères portés par l'ensemble des branches végétatives) ont également été enregistrées par plant.

3.4.7 rendement et stand à la récolte

Le coton graine produit sur les 2 lignes centrales de chaque parcelle a ensuite été récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

3.5 analyse des résultats

Les résultats de toutes les observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de leur indépendance vis-à-vis des facteurs étudiés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance. Enfin pour chaque analyse de variance la signification de trois contrastes a été appréciée (Tableau 2) : le premier contraste opposait les deux dates de semis, le second évaluait l'intérêt de la fertilisation organique et le troisième comparait les pratiques des producteurs avec apport de matière organique aux recommandations de fertilisation organo-minérale de la recherche.

Tableau 2 : coefficients des différents contrastes utilisés

	contrastes		
	1	2	3
A	1	2	0
B	1	-1	1
C	1	-1	-1
D	-1	2	0
E	-1	-1	1
F	-1	-1	-1

4 Résultats

Les résultats présentés dans ce rapport ne concernent pas les teneurs en protéines solubles car les données n'étaient pas disponibles au moment de sa rédaction.

caractéristiques d'apparition et de développement des organes fructifère

Au niveau des dates d'apparition du premier square et de la première fleur et de la date de première ouverture de capsule, les seuls effets significatifs sont attribuables à la date de semis (Tableau 3). Avec un semis tardif l'apparition du premier square semble plus précoce mais cela n'est significatif qu'à 12,3 %, l'apparition de la première fleur et la date de première ouverture de capsule sont également plus précoces (contraste 1). En conséquence la durée de développement du premier organe fructifère est plus courte même si la durée entre l'apparition de la première fleur et la date de première ouverture de capsule n'est pas affectée. On note par ailleurs pour la première date de semis que la date de première ouverture des capsules est d'autant plus précoce que les pratiques de fertilisation organo-minérales sont plus intensives.

Les mêmes effets sont observés pour la date à laquelle 50 % des plants ont fleuri pour la première fois et pour la durée entre l'apparition des squares et l'apparition des fleurs (Tableau 4). Par contre et probablement du fait d'une plus grande hétérogénéité dans le développement des plants semés à la deuxième date, la durée entre l'apparition des fleurs et la première ouverture de capsules est plus courte qu'avec la première date de semis (Tableau 4).

Tableau 3 : effets des modalités de fertilisation organo-minérale et de la date de semis sur certaines caractéristiques d'apparition et de développement d'organes fructifères

	premières dates en JAL			durée en jours		
	square	fleur	ouverture capsule	square-fleur	square-ouverture	fleur - ouverture
A	30,9	60,7 a	109,2 c	29,7	78,2 b	48,5
B	29,3	60,2 a	106,1 bc	30,9	76,8 ab	45,9
C	28,3	60,4 a	103,1 ab	32,1	74,8 ab	42,7
D	28,5	56,5 a	99,8 a	28,0	71,3 a	43,3
E	29,3	57,1 a	100,6 ab	27,8	71,3 a	43,4
F	28,3	56,8 a	101,6 ab	28,5	73,3 ab	44,8
F modalités	2,57	2,90	6,21	1,82	3,39	1,04
signification en %	5,9	4,0	0,1	15,4	2,2	42,4
F contraste 1	2,54	14,28	21,52	7,28	13,42	1,16
signification en %	12,3	0,1	0,0	1,3	0,2	29,4
F contraste 2	2,72	0,00	1,69	0,72	0,29	0,82
signification en %	11,1	97,7	20,6	41,1	60,3	37,8
F contraste 3	2,65	0,01	0,49	0,54	0,00	0,19
signification en %	11,6	93,2	50,0	47,8	98,6	67,3
CV en %	4,9	4,5	3,1	9,6	4,7	10,5

Tableau 4 : effets des modalités de fertilisation organo-minérale et de la date de semis sur certaines caractéristiques d'apparition et de développement d'organes fructifères

	dates pour 50 % des plants en JAL			durée en jours		
	square	fleur	ouverture capsule	square-fleur	square-ouverture	fleur - ouverture
A	35,9	63,8 b	115,4	27,8 bc	79,5	51,7
B	33,8	64,7 b	112,7	31,0 c	78,9	47,9
C	35,8	63,9 b	113,2	28,0 bc	77,3	49,3
D	36,7	60,1 a	113,1	23,4 a	76,4	53,0
E	36,7	60,4 a	112,9	23,6 a	76,1	52,5
F	35,7	60,6 a	114,3	24,8 ab	78,6	53,7
F modalités	1,88	9,35	0,43	10,77	0,70	1,32
signification en %	14,3	0,0	82,1	0,0	63,0	29,4
F contraste 1	3,53	45,32	0,07	45,08	1,29	4,55
signification en %	7,2	0,0	78,9	0,0	26,9	4,3
F contraste 2	1,32	0,55	0,52	2,39	0,03	0,73
signification en %	26,4	47,5	48,8	13,4	86,6	40,8
F contraste 3	0,47	0,24	0,35	0,92	0,07	0,43
signification en %	50,8	63,6	56,8	35,2	79,6	52,4
CV en %	4,9	2,5	3,2	7,7	4,8	8,6

suivi du développement végétatif et fructifère des cotonniers

Au niveau de la taille des cotonniers deux effets apparaissent (Tableau 5) : celui de la date de semis (contraste 1) en faveur de la première date de semis jusqu'au 14 septembre et celui positif de l'apport de fumure organique (contraste 2) également jusqu'au 14 septembre. Les mêmes effets apparaissent au niveau du nombre de nœuds sur la tige principale mais l'effet de la date de semis toujours en faveur de la première date s'observe jusqu'au 28 septembre alors que celui positif de l'apport de fumure organique ne s'observe qu'au 3 et 17 août (Tableau 6). Au niveau du numéro du nœud de la première branche fructifère on ne note qu'un effet positif de l'apport de fumure organique : en présence d'apport de matière organique la première branche fructifère apparaît plus tôt (Tableau 7). En liaison avec cette apparition plus précoce de la première branche fructifère et un nombre plus élevé de nœuds sur la tige principale, un nombre plus grand de branches fructifères par plant est observé avec un apport de matière organique jusqu'au 14 septembre (Tableau 7). En liaison avec un plus grand nombre de nœuds sur la tige principale et l'absence d'effet sur l'apparition de la première branche fructifère, un effet positif de la date de semis en faveur de la première date de semis est observé sur les nombre de branches fructifères par plant (Tableau 7). Enfin, un effet positif de la date de semis en faveur de la deuxième date de semis apparaît dans les taux de rétention des organes fructifères en première position de branche fructifère (Tableau 8).

Tableau 5 : effet des modalités sur les hauteurs des cotonniers à différentes dates

	hauteur en cm					
	20/7	3/8	17/8	31/8	14/9	28/9
A	6,4	15,4 b	29,9 b	47,0 b	65,4 bc	73,2
B	10,3	25,7 a	49,5 a	69,4 a	82,8 ab	83,8
C	9,3	23,8 a	46,9 a	68,5 a	87,5 a	88,5
D		9,8 b	27,1 b	44,3 b	64,8 bc	74,7
E		10,3 b	22,2 b	37,4 b	57,3 c	67,8
F		12,9 b	31,6 b	48,7 b	72,0 abc	81,5
F modalités		14,74	7,44	7,75	5,71	2,4
signification en %		0,0	0,0	0,0	0,2	7,7
moyenne A, B et C		21,6 a	42,1 a	61,6 a	78,6 a	81,8
moyenne D, E et F		11,0 b	27,0 b	43,5 b	64,7 b	74,6
F contraste 1		52,84	20,81	21,77	12,33	3,12
signification en %		0,0	0,0	0,0	0,2	8,9
moyenne A et D		12,6 b	28,5 b	45,6 b	65,1 b	74,0
moyenne B, C, E et F		18,2 a	37,5 a	56,0 a	74,9 a	80,4
F contraste 2		13,10	6,58	6,31	5,49	2,22
signification en %		0,2	1,8	2,0	2,8	14,9
moyenne B et E		18,0	35,8	53,4	70,1	75,8
moyenne C et F		18,4	39,2	58,6	79,8	85,0
F contraste 3		0,04	0,70	1,20	4,04	3,41
signification en %		83,7	41,6	28,7	5,6	7,6
CV en %		24,5	26,3	20,3	15,1	14,2

Tableau 6 : effet des modalités sur les nombre de nœuds sur la tige principale à différentes dates

	nombre de nœuds sur la tige principale					
	20/7	3/8	17/8	31/8	14/9	28/9
A	4,0	8,2 b	12,0 b	16,1 b	18,6 ab	19,8 ab
B	5,0	9,9 a	14,1 a	17,6 a	19,6 a	19,9 ab
C	4,9	9,7 a	13,6 a	17,4 a	19,4 a	20,2 a
D		5,9 c	10,1 c	14,5 c	17,2 bc	19,1 ab
E		5,9 c	9,6 c	13,9 c	16,5 c	18,2 b
F		6,4 c	10,9 bc	14,6 c	17,7 bc	19,1 ab
F modalités		32,85	22,02	17,73	9,91	3,02
signification en %		0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
moyenne A, B et C		9,3 a	13,3 a	17,0 a	19,2 a	20,0 a
moyenne D, E et F		6,1 b	10,2 b	14,3 b	17,1 b	18,8 b
F contraste 1		146,68	88,46	76,57	40,83	11,79
signification en %		0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
moyenne A et D		7,1 b	11,0 b	15,3	17,9	19,4
moyenne B, C, E et F		8,0 a	12,1 a	15,9	18,3	19,4
F contraste 2		9,94	9,64	3,51	1,42	0,02
signification en %		0,5	0,6	7,3	24,6	87,4
moyenne B et E		7,9	11,9	15,8	18,0	19,1
moyenne C et F		8,0	12,3	16,0	18,6	19,7
F contraste 3		0,16	0,96	0,42	1,87	1,89
signification en %		69,5	34,2	53,1	18,4	18,2
CV en %		9,5	7,6	5,4	4,8	4,8

Tableau 7 : effet des modalités sur l'apparition de la première branche fructifère et sur les nombres de branches fructifères à différentes dates

	numéro du nœud de BF1	nombre branches fructifères			
		17/8	31/8	14/9	28/9
A	8,4	5,0 b	8,8 b	11,2 b	12,4 ab
B	7,2	8,2 a	11,6 a	13,4 a	13,8 a
C	7,1	7,6 a	11,3 a	13,3 a	14,1 a
D	7,7	4,0 b	7,9 b	10,6 b	12,4 ab
E	7,9	3,7 b	7,2 b	9,6 b	11,4 b
F	7,3	5,0 b	8,3 b	11,4 b	12,9 ab
F modalités	3,03	13,84	13,31	8,47	4,35
signification en %	3,4	0,0	0,0	0,0	0,8
moyenne A, B et C	7,6	6,9 a	10,6 a	12,6 a	13,4 a
moyenne D, E et F	7,6	4,2 b	7,8 b	10,5 b	12,2 b
F contraste 1	0,05	43,07	44,99	24,29	9,64
signification en %	81,3	0,0	0,0	0,0	0,6
moyenne A et D	8,0 b	4,5 b	8,3 b	10,9 b	12,4
moyenne B, C, E et F	7,4 a	6,1 a	9,6 a	11,9 a	13,0
F contraste 2	7,42	13,43	8,86	5,79	2,27
signification en %	1,3	0,2	0,7	2,5	14,4
moyenne B et E	7,5	6,0	9,4	11,5	12,6
moyenne C et F	7,2	6,3	9,8	12,4	13,5
F contraste 3	1,26	0,38	0,66	2,73	3,47
signification en %	27,5	55,3	43,3	11,1	7,4
CV en %	8,5	20,0	12,3	10,0	8,4

Tableau 8 : effet des modalités sur les taux de rétention des organes fructifères en première position de branche fructifère

	taux de rétention des organes fructifères en première position de branche fructifère		
	31/8	14/9	28/9
A	99,2	93,2	74,9 ab
B	94,8	89,7	67,8 b
C	99,1	93,8	76,0 ab
D	99,3	95,3	81,7 a
E	99,8	97,0	83,1 a
F	98,5	95,1	83,5 a
F modalités	2,48	1,87	5,20
signification en %	6,6	14,4	0,3
moyenne A, B et C	98,1	92,3 b	73,0 b
moyenne D, E et F	99,3	95,9 a	82,8 a
F contraste 1	2,64	6,02	20,90
signification en %	11,6	2,2	0,0
moyenne A et D	99,2	94,3	78,4
moyenne B, C, E et F	98,5	94,2	77,9
F contraste 2	1,10	0,01	0,05
signification en %	30,7	93,7	82,0
moyenne B et E	98,0	93,9	75,9
moyenne C et F	98,8	94,5	79,9
F contraste 3	0,66	0,11	2,29
signification en %	43,1	74,0	14,2
CV en %	6,1	6,4	6,6
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

examen de la production à l'échelle de plants

Aucun effet significatif des fertilisations organo-minérales étudiées et de la date de semis, n'est observé dans la hauteur des plants à la récolte, le nombre de nœuds sur la tige principale, le numéro du nœud de la première branche fructifère (qui est plus faible que celui observé lors des suivis de plants en cours de campagne probablement parce que l'observation a reposé sur 3,4 fois plus de plants), le nombre de branches végétatives et le nombre de branches fructifères (Tableau 9). Il en est presque de même lorsque l'on examine les caractéristiques globales de la fructification sur l'ensemble des plants car seul un effet significatif de la date de semis en faveur du premier semis est noté au niveau du taux de rétention des organes fructifères sur branches fructifères (Tableau 10). Probablement du fait d'une protection insecticide maximale, les taux de rétention des premiers organes fructifères sont relativement élevés dans cette étude (Tableau 11). Toutefois ils ne dépassent pas en moyenne 70 % pour les deux premières semaines de production d'organes fructifères et chutent très rapidement à partir de la troisième semaine de production d'organes fructifères pour être quasiment nuls à partir de la sixième semaine (Tableau 11). La précocité du semis améliore les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des sept premières semaines du cycle fructifère mais cet effet n'est significatif que pour les organes fructifères produits au cours des deuxième et troisième semaines du cycle fructifère (Tableau 11). L'apport de matière organique améliore également le taux de rétention des organes fructifères produits au cours des cinq premières semaines du cycle fructifère mais cet effet n'est significatif que pour les organes fructifères produits au cours des deuxième, troisième et quatrième semaines du cycle fructifère (Tableau 11). Enfin, par rapport aux pratiques des

producteurs les recommandations de la recherche en matière de fertilisation organo-minérale améliore les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des quatre premières semaines du cycle fructifère mais cet effet n'est significatif que pour les organes fructifères produits au cours de la première semaine (Tableau 11).

Tableau 9 : effet des modalités sur les caractéristiques de développement des plants à la récolte

	hauteur en cm	nombre de nœuds	nœud de la première branche fructifère	nombre de branches végétatives	nombre de branches fructifères
A	72,9	23,5	7,0	1,2	14,3
B	82,3	20,6	6,6	1,9	14,3
C	85,4	21,2	6,7	1,6	14,2
D	72,0	20,5	7,4	1,9	14,1
E	71,0	20,5	7,3	1,7	14,6
F	77,4	20,0	6,7	1,8	13,8
F modalités	1,93	0,90	1,59	1,13	1,41
signification en %	13,4	50,3	20,8	37,6	26,2
moyenne A, B et C	80,2	21,8	6,8	1,6	14,3
moyenne D, E et F	73,5	20,3	7,1	1,8	14,2
F contraste 1	3,68	1,68	2,68	1,47	0,26
signification en %	6,7	20,7	11,3	23,9	62,3
moyenne A et D	72,4	22,0	7,2	1,6	14,2
moyenne B, C, E et F	79,0	20,6	6,8	1,7	14,2
F contraste 2	3,19	1,56	2,73	0,61	0,05
signification en %	8,6	22,4	11,1	45,0	81,7
moyenne B et E	76,7	20,5	6,9	1,8	14,5
moyenne C et F	81,4	20,6	6,7	1,7	14,0
F contraste 3	1,25	0,00	0,59	0,10	3,73
signification en %	27,7	97,5	45,6	75,5	6,5
CV en %	12,5	14,2	8,9	33,0	3,6

Tableau 10 : effet des modalités sur les caractéristiques globales de la fructification

	taux de rétention en %	taux de capsules entièrement saines en %			taux de capsules partiellement saines en %	taux de capsules momifiées en %	taux de capsules pourries en %
		global	branches fructifères	branches végétatives			
A	33,8 a	87,0	87,6	67,5	8,7	1,8	1,6
B	40,1 a	84,2	85,0	75,0	11,8	1,0	2,3
C	39,1 a	80,4	80,3	65,0	13,4	3,0	2,7
D	30,8 a	83,0	84,2	79,1	13,0	1,2	1,7
E	29,2 a	85,1	85,9	85,1	11,3	0,3	2,1
F	38,4 a	87,7	88,4	84,4	8,2	1,3	0,9
F modalités	2,74	0,41	0,49	0,37	0,38	2,06	1,13
signification en %	4,8	84,0	78,1	86,6	85,5	11,2	37,8
moyenne A, B et C	37,6 a	84,0	84,4	69,3	11,2	1,8	2,1
moyenne D, E et F	32,8 b	85,3	86,2	83,0	10,8	0,9	1,5
F contraste 1	4,54	0,16	0,30	1,46	0,02	3,58	1,53
signification en %	4,4	69,5	59,4	24,0	88,3	7,0	22,9
moyenne A et D	32,3	85,0	85,9	73,5	10,8	1,5	1,6
moyenne B, C, E et F	36,7	84,4	85,0	77,9	11,1	1,2	1,9
F contraste 2	3,27	0,03	0,08	0,13	0,01	0,23	0,27
signification en %	8,2	86,9	78,3	72,5	91,2	64,1	61,8
moyenne B et E	34,6	84,6	85,5	80,3	11,5	0,6	2,2
moyenne C et F	38,8	84,3	84,5	75,4	10,6	2,1	1,6
F contraste 3	2,18	0,01	0,05	0,13	0,06	6,06	0,69
signification en %	15,2	92,4	81,5	72,1	80,1	2,2	42,2
CV en %	10,3	11,1	10,8	34,5	37,9	54,1	38,8
transformation				arcsin√p			

Tableau 11 : effet des fertilisations organo-minérales et de la date de semis sur les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des sept premières semaines du cycle fructifère

	taux de rétention en % des organes fructifères produits au cours des 7 premières semaines du cycle fructifère						
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}
A	64,5 ab	60,8 bc	38,6 ab	12,3	6,9	1,0	0,6
B	68,8 ab	77,9 a	51,0 a	22,7	7,0	0,1	0,0
C	77,1 a	72,1 ab	52,2 a	21,0	6,0	1,5	0,0
D	72,4 ab	59,5 ab	27,5 b	8,8	1,0	0,2	0,0
E	58,5 b	53,0 c	29,2 b	12,2	3,5	0,1	0,7
F	76,6 a	69,4 abc	40,6 ab	15,3	3,4	0,7	0,0
F modalités	3,16	4,78	4,93	1,77	1,07	0,56	0,76
signification en %	2,9	0,5	0,4	16,4	40,7	73,5	58,8
moyenne A, B et C	70,3	70,5 a	47,2 a	18,4	6,6	0,7	0,1
moyenne D, E et F	69,4	60,8 b	32,3 b	12,0	2,5	0,3	0,1
F contraste 1	0,07	7,82	14,94	3,79	3,98	0,49	0,01
signification en %	79,0	1,1	0,1	6,3	5,7	49,9	93,0
moyenne A et D	68,5	60,1 b	32,9 b	10,5 b	3,3	0,5	0,1
moyenne B, C, E et F	70,5	68,4 a	43,1 a	17,6 a	4,8	0,4	0,0
F contraste 2	0,34	4,94	6,25	4,43	0,53	0,01	0,16
signification en %	57,3	3,6	2,0	4,6	48,4	91,2	69,8
moyenne B et E	63,8 b	66,1	39,9	17,2	5,1	0,1	0,2
moyenne C et F	76,9 a	70,8	46,4	18,0	4,6	1,1	0,0
F contraste 3	10,65	1,27	1,85	0,04	0,04	1,96	0,80
signification en %	0,4	27,2	18,6	83,8	84,6	17,4	38,4
CV en %	10,0	10,7	15,9	31,7	67,0	189,2	397,6
Transformation	arcsin√p						

Les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des quatre premières semaines du cycle fructifère sont relativement élevés en raison probablement de la protection insecticide maximale de cette étude (Tableau 12). Aucun effet significatif des fertilisations organo-minérales et de la date de semis n'est observé sur cette caractéristique de la production (Tableau 12).

Tableau 12 : effet des fertilisations organo-minérales et de la date de semis sur les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des quatre premières semaines du cycle fructifère

	taux de capsules entièrement saines en % des organes fructifères produits au cours des 4 premières semaines du cycle fructifère			
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
A	89,7	90,2	84,6	75,4
B	91,3	88,2	77,7	79,6
C	82,4	83,2	76,5	72,5
D	91,8	86,0	74,5	71,0
E	91,7	89,2	76,5	73,8
F	92,4	88,4	84,3	79,4
F modalités	1,23	0,35	0,38	0,04
signification en %	33,4	87,9	85,5	99,0
moyenne A, B et C	88,1	87,3	79,8	75,9
moyenne D, E et F	92,0	87,9	78,6	74,8
F contraste 1	2,38	0,02	0,04	0,01
signification en %	13,5	87,3	84,0	93,7
moyenne A et D	90,8	88,2	79,8	73,2
moyenne B, C, E et F	89,7	87,3	78,9	76,4
F contraste 2	0,15	0,06	0,02	0,04
signification en %	70,4	80,1	87,9	83,0
moyenne B et E	91,5	88,7	77,1	76,7
moyenne C et F	87,8	85,9	80,6	76,0
F contraste 3	1,36	0,43	0,23	0,00
signification en %	25,6	52,8	64,1	96,7
CV en %	9,3	11,8	18,1	42,7
transformation	arcsin√p			

densité, rendement en coton graine et marges

Aucune différence significative n'apparaît entre les modalités de fertilisation organo-minérale et entre les dates de semis de cette étude pour les densités de plantation à la récolte (Tableau 13). Au niveau des rendements en coton-graine, pour lesquels on soulignera le très faible coefficient de variation, de nombreuses différences sont apparues significatives. Une perte de près de 10 kg par jour de retard au semis est apparue (Tableau 13). Cette perte en production se répercute sur les marges⁸ par une perte de 1 665 F CFA par jour de retard au semis. Globalement on note au niveau des rendements un effet positif de l'apport de matière organique qui n'est toutefois significatif qu'à $p > 0,10$ probablement parce qu'il se manifeste qu'au niveau du premier semis. Par contre l'application des recommandations en matière de fertilisation organo-minérale par rapport aux pratiques des producteurs permet de gagner en moyenne presque 100 kg/ha. Mais en termes de marges les pratiques recommandées ne se justifient qu'à $p < 0,10$ pour l'ensemble des deux dates de semis probablement parce que leur effet ne se manifeste qu'avec la première date de semis (Tableau 13).

⁸ Les marges ont été calculées sans tenir compte de la matière organique et un coût de 12 500 F CFA le sac de 50 kg d'urée ou de 50 kg/ha d'engrais complet (grâce aux subventions de l'état)

Tableau 13 : effets des modalités de fertilisation organo-minérale et de la date de semis sur la densité de plantation à la récolte, le rendement en coton graine et les marges après déduction du coût des engrais minéraux

	densité en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
A	4,5	1 300 bc	203 000 ab
B	5,2	1 400 b	221 500 a
C	5,4	1 550 a	214 250 a
D	5,1	1 238 cd	191 438 bc
E	4,6	1 150 d	175 250 cd
F	5,6	1 188 cd	157 188 d
F modalités	0,62	19,24	14,93
signification en %	68,6	0,0	0,0
moyenne A, B et C	5,0	1 417 a	212 917 a
moyenne D, E et F	5,1	1 192 b	174 625 b
F contraste 1	0,04	65,53	55,45
signification en %	84,6	0,0	0,0
moyenne A et D	4,8	1 269	197 219
moyenne B, C, E et F	5,2	1 322	192 047
F contraste 2	0,79	3,25	0,90
signification en %	39,0	8,3	35,7
moyenne B et E	4,9	1 275 b	198 375
moyenne C et F	5,5	1 369 a	185 719
F contraste 3	1,05	7,58	4,04
signification en %	32,0	1,2	5,6
CV en %	23,8	5,8	7,3

annexe 1

		S1	S2
labour		15-juin	15-juin
piquetage		16-juin	16-juin
semis		18-juin	10-juil
resemis		29-juin	24-juil
démariage		06-juil	
épandage engrais complet		10-juil	24-juil
épandage urée		09-août	23-août
sarclages	1	10-juil	10-juil
	2	31-juil	31-juil
	3	10-août	10-août
	4	16-août	16-août
buttage		17-août	17-août
traitements insecticides	1	20-juil	03-août
	2	27-juil	10-août
	3	03-août	17-août
	4	10-août	24-août
	5	17-août	31-août
	6	24-août	07-sept
	7	31-août	14-sept
	8	07-sept	21-sept
	9	14-sept	28-sept
	10	21-sept	05-oct
	11	28-sept	12-oct
	12	05-oct	19-oct
	13	12-oct	26-oct

ETUDE DE L'INTERET DE LA MODIFICATION DES RECOMMANDATIONS EN MATIERE DE FERTILISATION AZOTEE DU COTONNIER POUR DE MEILLEURS TENEURS EN PROTEINES SOLUBLES

1 Justification

Des études réalisées aux Etats-Unis suggèrent que la richesse du milieu en azote influence la concentration en protéines Bt dans la plante et par conséquent les capacités de cette plante à limiter les infestations des ravageurs ciblés par ces protéines. Par ailleurs la teneur en protéines Bt dans une plante est fortement corrélée à la concentration en protéines solubles. Dans l'éventualité de l'introduction au Mali de cotonniers génétiquement modifiés, il importe alors de savoir s'il faut modifier les recommandations en matière de fumure azotée pour avoir des teneurs en protéines solubles toujours suffisantes au cours du cycle de la plante et permettre ainsi l'élaboration de toxines dans les quantités nécessaires à leur efficacité.

2 Objectifs

Le premier objectif de cette étude a été de suivre l'évolution des teneurs en protéines solubles chez le cotonnier en fonction de pratiques de fertilisation différentes en matière de fertilisation azotée. Le deuxième objectif a été de proposer si nécessaire de nouvelles recommandations dans ce domaine. Enfin en fonction des données bibliographiques disponibles la justesse des pratiques et des recommandations en matière de fertilisation azotée devait être appréciée.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités étudiées et dispositif statistique

Dans un dispositif factoriel à 5 répétitions deux facteurs ont été étudiés : la quantité de fumure azotée apportée (Tableau 1) et la date de cet apport (Tableau 2).

Tableau 1 : quantités d'urée apportées

	quantité d'urée
N0	0 kg/ha
N1	50 kg/ha
N2	100 kg/ha
N3	200 kg/ha

Tableau 2 : date d'apport de l'urée

	date d'apport
D1	20 JAL ⁹
D2	50 JAL
D3	70 JAL

3.2 dimensions des parcelles élémentaires

⁹ JAL = jour après la levée

La parcelle élémentaire comprenait 6 lignes de 5 mètres. Seules les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire étaient concernées par les pratiques différentes de fertilisation minérale. Les autres lignes des parcelles n'ont pas reçu de fertilisation minérale.

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire qui était maximale grâce à des applications hebdomadaires depuis le 30^{ième} JAL jusqu'à l'ouverture de premières capsules¹⁰, de la quantité d'urée apportée et de sa date d'apport, toutes les pratiques culturales ont été celles recommandées au Développement : variété STAM 59 A, semis le 18 juin, densité de plantation de 8,3 plants/m² (interligne de 0,8 mètre, inter poquet de 0,3 mètre et démariage à 2 plants/poquets), apport de 200 kg/ha d'engrais complet (NPKSB), contrôle de l'enherbement par des sarclages manuels en nombre suffisant et buttage au 50-60^{ième} JAL. Les données précises des opérations culturales sont présentées en annexe

3.4 observations

3.4.1 date d'apparition du premier square

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les 3 jours le nombre de plants ayant des squares (très jeunes boutons floraux) a été relevé à partir du 25^{ième} JAL. Dès que ce nombre était égal à la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée les dates d'apparition du premier square et des squares au niveau de 50 % des plants.

3.4.2 monitoring du développement végétatif et fructifère des cotonniers

Au niveau de 10 plants sélectionnés sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire (5 plants sur chaque ligne) des observations ont été conduites tous les 14 jours à partir du 30^{ième} JAL et jusqu'au 100^{ième} JAL pour suivre individuellement leur développement végétatif et fructifère. Ces plants n'ont pas changé du début à la fin de la campagne. Pour le développement végétatif on s'est intéressé au nombre de nœuds apparus sur l'axe principal depuis le nœud cotylédonaire, à la hauteur du cotonnier depuis le nœud cotylédonaire et au nombre de branches végétatives développées. Pour le développement fructifère on s'est intéressé au numéro du nœud de la première branche fructifère et à l'occupation des premières positions fructifères de chaque branche fructifère par un organe fructifère en notant 0 si l'organe fructifère était absent et la nature de l'organe occupant cette position fructifère s'il était présent par B s'il s'agissait d'un bouton floral, par F s'il s'agissait d'une fleur épanouie blanche ou d'une fleur à corolle rose (fleur s'étant épanouie la veille) et par C s'il s'agissait d'une capsule.

3.4.3 date d'apparition de la première fleur

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une des lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. On a compté quotidiennement le nombre de fleurs épanouies (fleurs

¹⁰ Une alternative aux pyréthriinoïdes, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor®, contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88®, contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

blanches) sur cette ligne à partir du 55^{ième} JAL. Dès que le cumul des observations depuis le début atteignait la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée les dates d'apparition de la première fleur et des fleurs au niveau de 50 % des plants.

3.4.4 prélèvements périodiques de feuilles (sans leurs pétioles)

A partir du 35^{ième} JAL puis tous les 15 jours jusqu'au 95^{ième} JAL on a prélevé des feuilles au niveau de 5 cotonniers pris sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire (2 plants sur l'une et 3 sur l'autre). Dans la sélection de ces plants on a évité ceux étant suivi de manière périodique pour leur développement végétatif et fructifère. Par ailleurs ces 5 plants devaient être différents à chaque date de prélèvement. Au niveau de chaque plant 3 feuilles ont été prélevées : en partant du sommet du plant et en descendant vers le bas du plant on a prélevé les 3^{ième}, 4^{ième} et 5^{ième} feuille développée (figure 1). L'ensemble des feuilles prélevées au niveau d'une parcelle (soit 15 feuilles) a été placé dans un sac plastique dans lequel on a inséré une étiquette portant le numéro de la parcelle et la date du prélèvement. Les sacs de prélèvement ont été rapidement mis au congélateur pour une conservation. Les analyses de teneurs en protéines solubles de ces échantillons de feuilles ont été par la suite effectuées.



Figure 1 : 3^{ième} et 4^{ième} feuille à prélever

3.4.5 date de première ouverture des capsules

Cette observation a concerné tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les quatre jours le nombre de plants ayant des capsules ouvertes (une seule capsule ouverte par plant suffisant) a été relevé sur chaque ligne à partir du 90^{ième} JAL. Dès que ce nombre atteignait la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée les dates de première ouverture des capsules et de première ouverture des capsules pour 50 % des plants.

3.4.6 analyse de la production à l'échelle de plant

Tous les cotonniers présents sur une des deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire ont été examinés avant la récolte. Au niveau de chaque cotonnier on s'est intéressé d'abord aux premières positions des branches fructifères en commençant par la première branche fructifère. Au niveau de chaque première position de branche fructifère on a noté par

- CS : la présence d'une capsule entièrement saine
- CPS : la présence d'une capsule partiellement saine
- CP : la présence d'une capsule pourrie
- CM : la présence d'une capsule momifiée
- B : la présence d'un bouton floral

- F : la présence d'une fleur
O : l'absence d'organe fructifère

D'autres caractéristiques (hauteur, nombre de nœuds de la tige principale, numéro du nœud de la première branche fructifère, nombre de branches végétatives, nombre et nature des organes fructifères portés par l'ensemble des branches végétatives) ont également été enregistrées par plant.

3.4.7 rendement et stand à la récolte

Le coton graine produit sur les 2 lignes centrales de chaque parcelle a été ensuite récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

3. 5 analyse des résultats

La plupart des résultats des observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Cependant pour toutes les observations réalisées au cours du développement des cotonniers afin de tenir compte des dates d'apport d'urée, des tests de Student furent utilisés pour comparer les résultats des parcelles ayant déjà reçu un apport d'urée et ceux de celles qui n'en bénéficiaient pas encore ou qui n'en bénéficiaient jamais. Pour les parcelles ayant déjà bénéficié d'un apport d'urée les résultats des différentes quantités d'azote apportées étaient analysés suivant un dispositif en blocs de Fisher à 5 répétitions. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de leur indépendance vis-à-vis des facteurs étudiés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance.

4 Résultats

Les résultats présentés dans ce rapport ne concernent pas les teneurs en protéines solubles car les données n'étaient pas disponibles au moment de sa rédaction.

caractéristiques d'apparition et de développement des organes fructifère

En respectant le dispositif complet de cette étude, peu d'effets significatifs sont apparus au niveau de ces caractéristiques que l'on considère les dates d'apparition des premiers boutons floraux et premières des fleurs et de première ouverture de capsule (Tableau 3) ou les dates pour lesquelles 50 % des plants avaient déjà des boutons floraux, des fleurs ou des capsules ouvertes (Tableau 4). L'apport d'une fumure azotée entraînerait une apparition plus précoce des boutons floraux (Tableau 3) mais sans effet de la quantité apportée. Cependant en considérant qu'à la date moyenne d'apparition des boutons floraux seul l'apport d'urée au 20^{ième} JAL pouvait différencier les parcelles de cette étude, aucun effet significatif de l'apport d'urée n'est noté dans la date d'apparition des squares : test de Student significatif à 48,3 % pour la d'apparition du premier square et test de Student significatif à 34,0 % pour la date d'apparition des square sur 50 % des plants. En ce qui concerne la date d'apparition des fleurs aucun effet significatif n'apparaît en respectant le dispositif complet de l'étude. Toutefois en considérant que seuls les apports d'urée au 20^{ième} et au 50^{ième} JAL pouvait différencier les parcelles au niveau de cette caractéristique on note un effet significatif en faveur de l'apport d'urée (apparition plus précoce de 0,9 jour) mais uniquement pour la date à laquelle 50 % des plants avaient des fleurs : test de Student significatif à 5,0 % sans effet de la dose d'urée apportée ni de la date de cet apport. Enfin, la date d'ouverture des capsules n'est pas influencée par les facteurs étudiés. D'ailleurs en

comparant les modalités ayant reçu un apport d'urée à celles n'en n'ayant pas reçu, les tests de Student ne sont significatifs qu'à 19,0 % pour la date de première ouverture des capsules et à 41,3 % pour la date à laquelle 50 % des plants avaient au moins une capsule ouverte.

Tableau 3 : effets des facteurs étudiés sur certaines caractéristiques d'apparition et de développement d'organes fructifères

	premières dates en JAL			durée en jours		
	square	fleur	ouverture capsule	square-fleur	square-ouverture	fleur - ouverture
0 kg/ha d'urée	31,1 b	61,1	108,8	29,9	77,7 a	47,8
50 kg/ha d'urée	28,7 a	60,0	109,7	31,3	81,0 b	49,8
100 kg/ha d'urée	30,6 ab	60,5	109,8	29,9	79,2 ab	49,3
200 kg/ha d'urée	29,5 ab	60,3	109,8	30,8	80,3 ab	49,5
F dose d'urée	2,97	0,81	0,96	0,85	3,57	1,35
signification en %	4,1	50,0	42,3	47,9	2,1	27,0
apport à 20 JAL	31,0	60,6	109,3	29,6	78,3 a	48,7
apport à 50 JAL	29,6	60,3	109,3	30,7	79,7 ab	48,9
apport à 70 JAL	29,4	60,5	110,1	31,1	80,7 b	49,6
F date d'apport	2,72	0,08	1,23	1,64	3,43	0,49
signification en %	7,6	92,6	30,2	20,4	4,0	62,4
F interaction	2,15	0,39	1,08	1,07	2,24	0,90
signification en %	6,7	88,0	38,8	39,3	5,7	50,2
CV en %	8,2	3,3	1,7	9,3	3,7	6,2

Tableau 4 : effets des facteurs étudiés sur certaines caractéristiques d'apparition et de développement d'organes fructifères

	dates pour 50 % des plants en JAL			durée en jours		
	square	fleur	ouverture capsule	square-fleur	square-ouverture	fleur - ouverture
0 kg/ha d'urée	35,8	63,9	115,4	28,2	79,6	51,4
50 kg/ha d'urée	34,6	63,4	115,7	28,8	81,1	52,3
100 kg/ha d'urée	35,5	63,5	116,1	28,0	80,6	52,6
200 kg/ha d'urée	33,9	63,4	115,8	29,5	81,9	52,4
F dose d'urée	2,62	0,33	0,65	2,58	1,92	0,74
signification en %	6,1	80,4	59,3	6,5	13,9	54,0
apport à 20 JAL	35,1	63,5	115,4	28,3	80,3	52,0
apport à 50 JAL	34,6	63,3	115,9	28,7	81,3	52,6
apport à 70 JAL	35,1	63,9	115,9	28,9	80,9	52,0
F date d'apport	0,32	0,64	0,75	0,54	0,62	0,40
signification en %	73,0	53,8	48,1	59,1	54,7	67,5
F interaction	2,30	1,46	1,26	5,78	2,25	2,14
signification en %	5,1	21,2	29,4	0,0	5,6	6,8
CV en %	5,9	2,7	1,3	5,8	3,4	4,4

suivi du développement végétatif et fructifère des cotonniers

Les apports d'urée aux 20^{ième} et au 50^{ième} JAL se traduisent par une meilleure croissance en hauteur des cotonniers mais qui n'est significative qu'à partir du 72^{ième} JAL dans les deux cas (Figure 2 et Figure 3). Aucun effet significatif de la quantité d'urée apportée n'est observé (Tableaux 5 et 6). A l'inverse les apports d'urée au 70^{ième} JAL n'améliore pas la croissance en hauteur des cotonniers (Figure 4). L'effet significatif de la quantité d'urée apportée qui est observé au 86^{ième} JAL en défaveur de l'apport de 100 kg/ha (Tableau 7) n'est du qu'à une mauvaise croissance des cotonniers ayant reçu cet apport au 70^{ième} JAL dont la taille à cette date est d'ailleurs inférieure à 5,1 % à celle de cotonniers n'ayant reçu aucun apport d'urée.

A cette même date et toujours par rapport à des cotonniers n'ayant reçu aucun apport d'urée la taille des cotonniers ayant reçu au 70^{ième} JAL 50 kg/ha et 200 kg/ha d'urée ne sont significativement supérieures qu'à 12,1 % et 49,3 % respectivement.

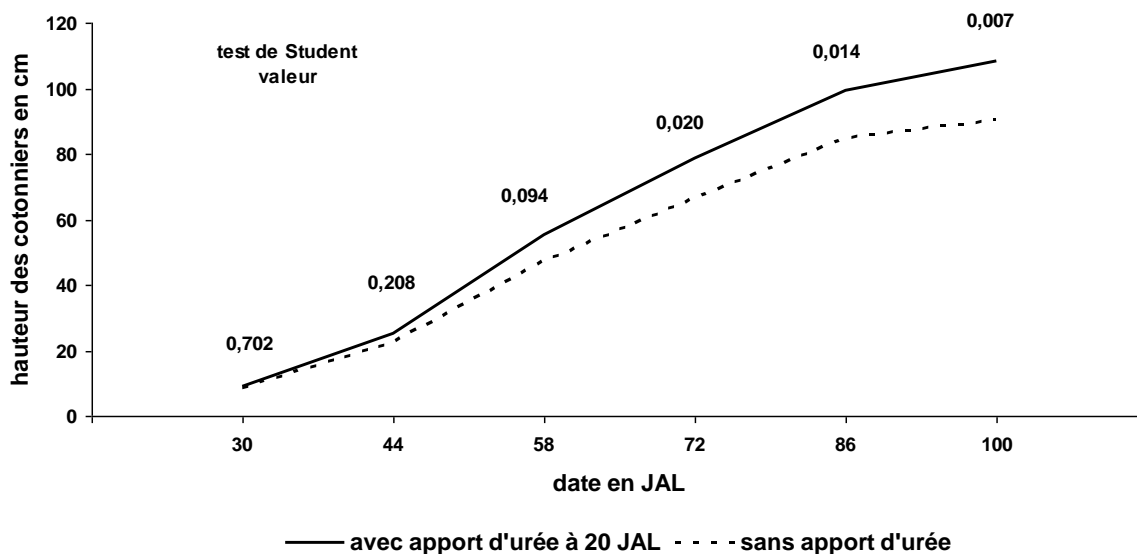


Figure 2 : effet de l'apport d'urée au 20^{ième} JAL sur la taille des cotonniers

Tableau 5 : effet de la quantité d'urée apportée au 20^{ième} JAL sur la taille des cotonniers

	dates en JAL					
	30	44	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,37	0,38	0,64	0,38	1,43	0,97
signification en %	70,6	70,1	55,6	70,1	29,4	42,2

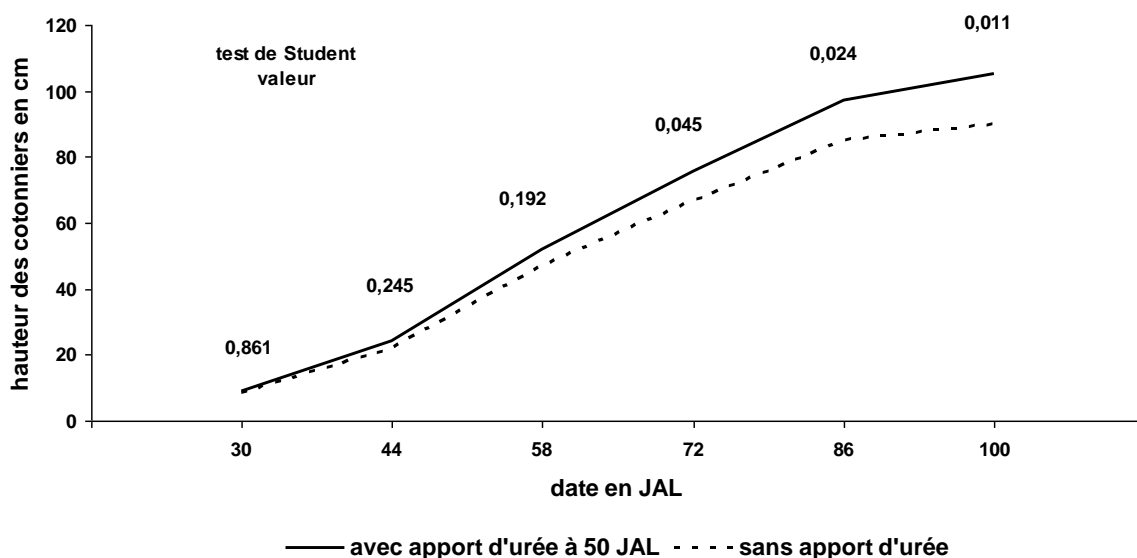


Figure 3 : effet de l'apport d'urée au 50^{ième} JAL sur la taille des cotonniers

Tableau 6 : effet de la quantité d'urée apportée au 50^{ième} JAL sur la taille des cotonniers

	dates en JAL			
	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,50	0,37	0,43	0,30
signification en %	63,1	70,3	66,9	75,0

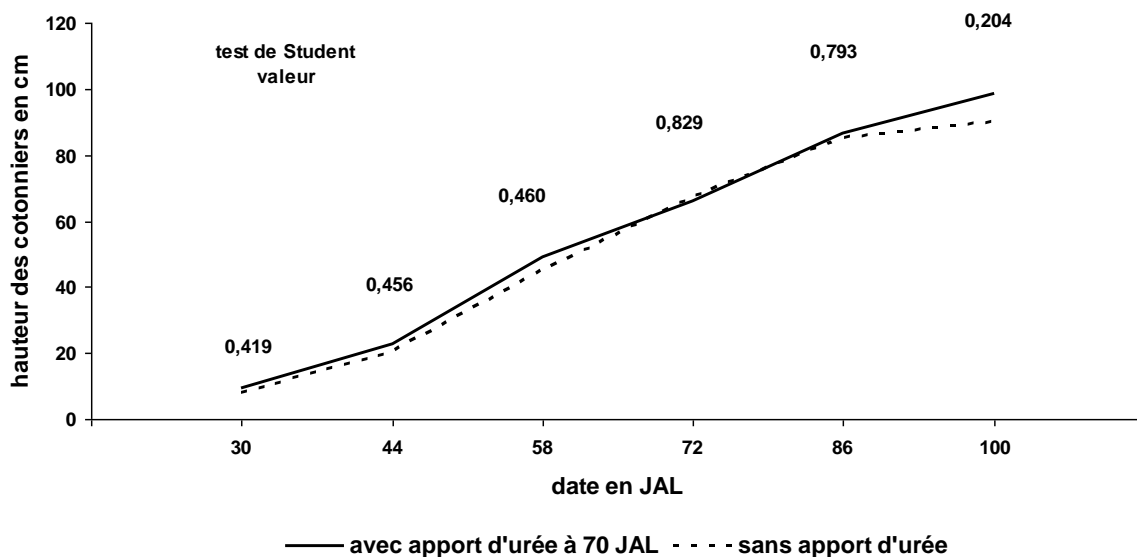


Figure 4 : effet de l'apport d'urée au 70^{ième} JAL sur la taille des cotonniers

Tableau 7 : effet de la quantité d'urée apportée au 70^{ième} JAL sur la taille des cotonniers

	dates en JAL	
	86	100
50 kg/ha d'urée	98,2 a	110,9
100 kg/ha d'urée	71,5 b	82,3
200 kg/ha d'urée	90,0 a	103,0
F quantité d'urée	6,79	3,16
signification en %	1,9	9,7
CV en %	13,5	18,8

Les apports d'urée ont eu de très faibles effets positifs sur la formation des nœuds sur la tige principale même s'ils sont parfois significatifs à certaines dates après le 72^{ième} JAL (Figures 5 à 7). Aucun effet significatif de la quantité d'urée apportée n'est apparu (Tableaux 8 à 10) hormis celui très faible observé au 86^{ième} JAL pour les quantités d'urée apportées au 70^{ième} JAL qui comme pour la taille des cotonniers est en défaveur de la dose de 100 kg/ha (Tableau 10) qui ne diffère pas de l'absence d'apport d'urée (test de Student significatif à 52,0 %) pour le nombre de nœuds sur la tige principale.

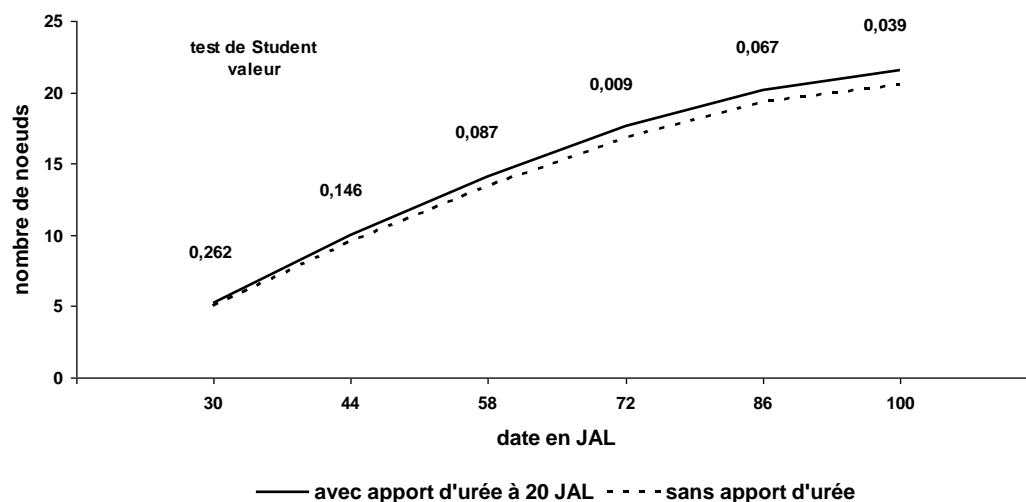


Figure 5 : effet de l'apport d'urée au 20^{ième} JAL sur le nombre de nœuds de la tige principale

Tableau 8 : effet de la quantité d'urée apportée au 20^{ième} JAL sur le nombre de nœuds de la tige principale

	dates en JAL					
	30	44	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,10	0,56	0,78	0,90	0,97	0,94
signification en %	91,0	59,8	49,3	44,8	42,0	43,3

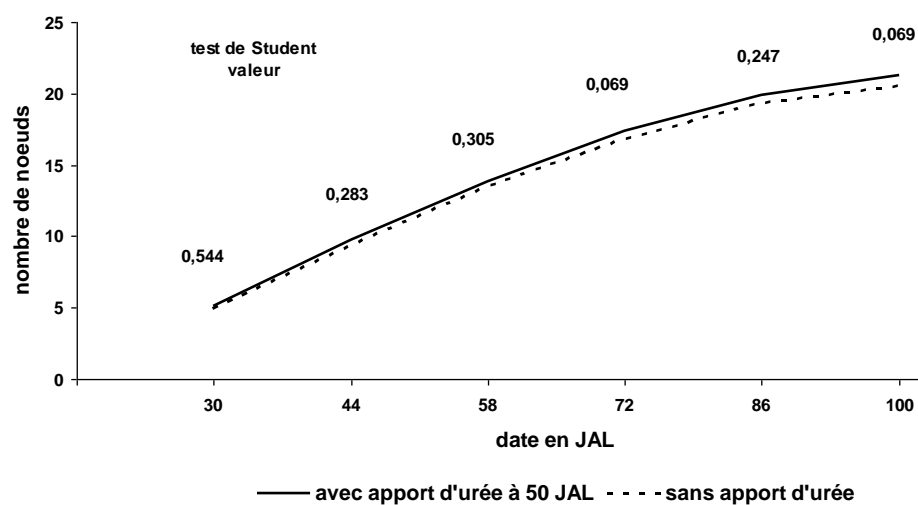


Figure 6 : effet de l'apport d'urée au 50^{ième} JAL sur le nombre de nœuds de la tige principale

Tableau 9 : effet de la quantité d'urée apportée au 20^{ième} JAL sur le nombre de nœuds de la tige principale

	dates en JAL			
	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,10	0,06	0,36	1,67
signification en %	90,9	94,5	71,2	24,7

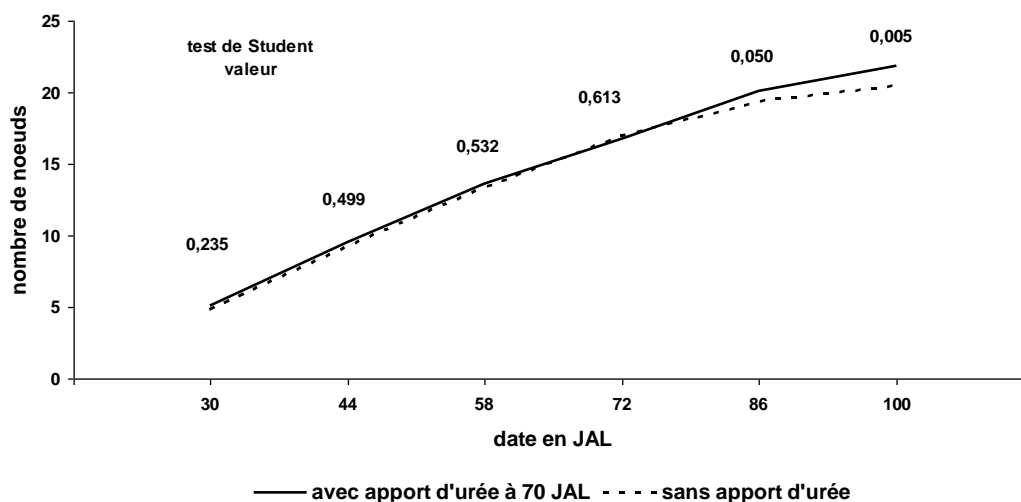


Figure 7 : effet de l'apport d'urée au 70^{ième} JAL sur le nombre de nœuds de la tige principale

Tableau 10 : effet de la quantité d'urée apportée au 70^{ième} JAL sur le nombre de nœuds de la tige principale

	dates en JAL	
	86	100
50 kg/ha d'urée	20,9 a	22,5
100 kg/ha d'urée	19,3 b	20,8
200 kg/ha d'urée	20,1 ab	22,1
F quantité d'urée	4,93	2,45
signification en %	4,0	14,7
CV en %	4,1	5,8

Du fait des résultats précédents concernant le nombre de nœuds sur la tige principale et de l'absence d'effet des facteurs étudiés sur l'apparition de la première branche fructifère (Tableau 11), les mêmes tendances que celles observées pour les nombres de nœuds sur la tige principale sont notées à propos du nombre de branches fructifères par plant (Figures 8 à 10 et tableaux 12 à 14). Ainsi, les apports d'urée ont eu de très faibles effets positifs sur le nombre de branches fructifères par plant même s'ils sont parfois significatifs à certaines dates après le 72^{ième} JAL. De même aucun effet significatif de la quantité d'urée apportée n'est apparu (Tableaux 8 à 10) hormis celui très faible observé au 86^{ième} JAL pour les quantités d'urée apportées au 70^{ième} JAL qui comme pour la taille des cotonniers et le nombre de nœuds sur la tige principale est en défaveur de la dose de 100 kg/ha (Tableau 10) qui ne diffère pas de l'absence d'apport d'urée (test de Student significatif à 70,2 %) pour le nombre de branches fructifères par plant.

Tableau 11 : effets des facteurs étudiés sur l'apparition de la première branche fructifère

	numéro du nœud de la première branche fructifère
0 kg/ha d'urée	7,4
50 kg/ha d'urée	7,2
100 kg/ha d'urée	7,1
200 kg/ha d'urée	7,1
F dose d'urée	1,04
signification en %	38,7
apport à 20 JAL	7,2
apport à 50 JAL	7,2
apport à 70 JAL	7,2
F date d'apport	0,13
signification en %	88,0
F interaction	2,12
signification en %	7,0
CV en %	7,0

Tableau 12 : effet de la quantité d'urée apportée au 20^{ième} JAL sur le nombre de branches fructifères par plant

	dates en JAL				
	44	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,55	0,20	0,44	0,13	0,28
signification en %	60,0	82,6	66,3	87,6	76,8

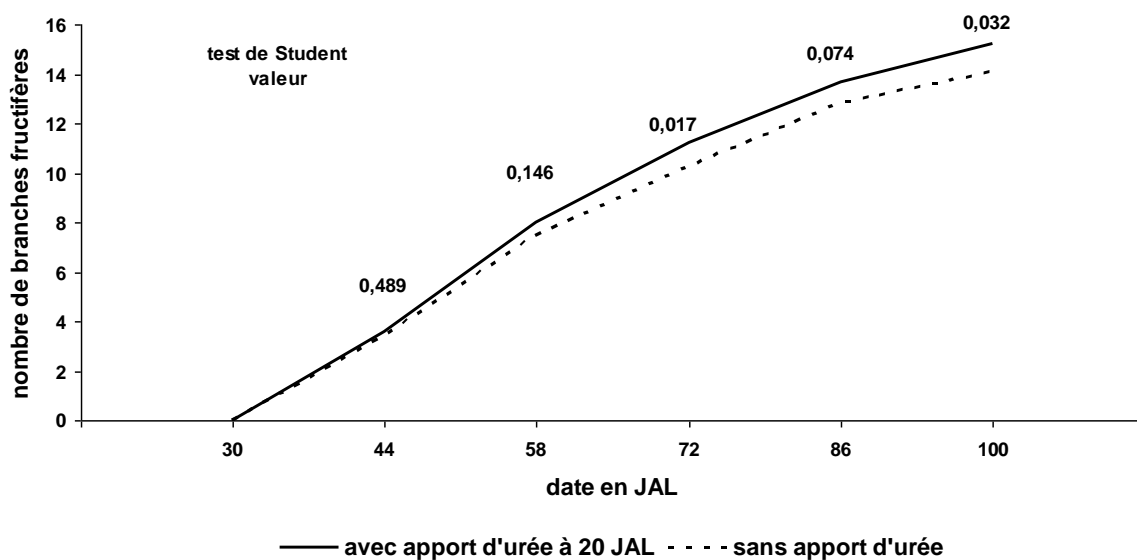
Figure 8 : effet de l'apport d'urée au 20^{ième} JAL sur le nombre de branches fructifères

Tableau 13 : effet de la quantité d'urée apportée au 50^{ième} JAL sur le nombre de branches fructifères par plant

	dates en JAL			
	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,54	1,97	1,24	1,63
signification en %	60,7	20,1	34,1	25,5

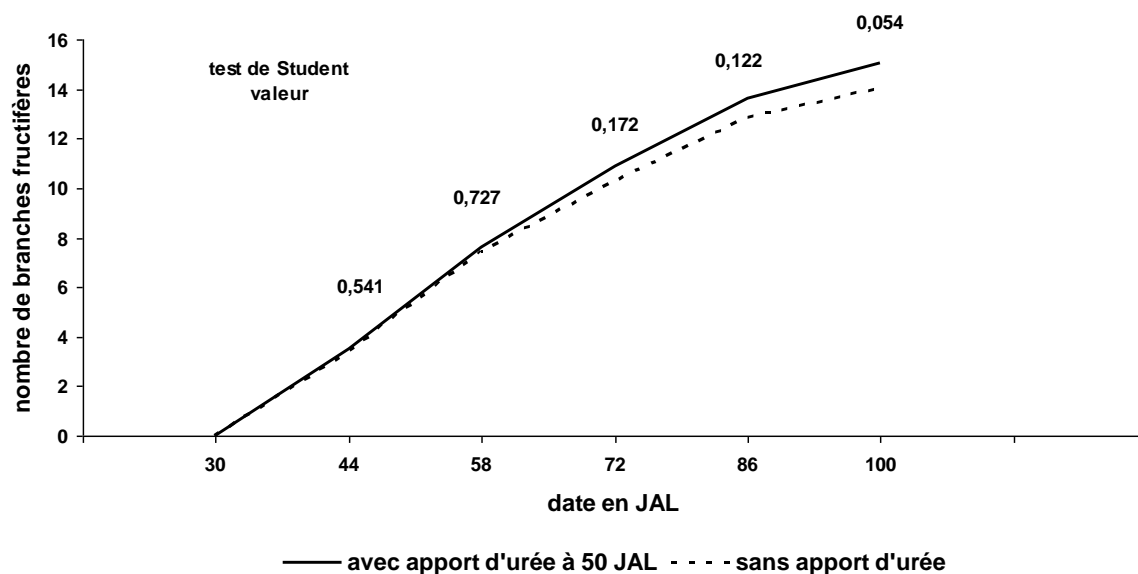


Figure 9 : effet de l'apport d'urée au 50^{ième} JAL sur le nombre de branches fructifères

Tableau 14 : effet de la quantité d'urée apportée au 70^{ième} JAL sur le nombre de branches fructifères par plant

	dates en JAL	
	86	100
50 kg/ha d'urée	14,4 a	16,3
100 kg/ha d'urée	12,5 b	14,3
200 kg/ha d'urée	13,4 ab	15,6
F quantité d'urée	6,5	3,8
signification en %	2,1	7,0
CV en %	5,9	7,5

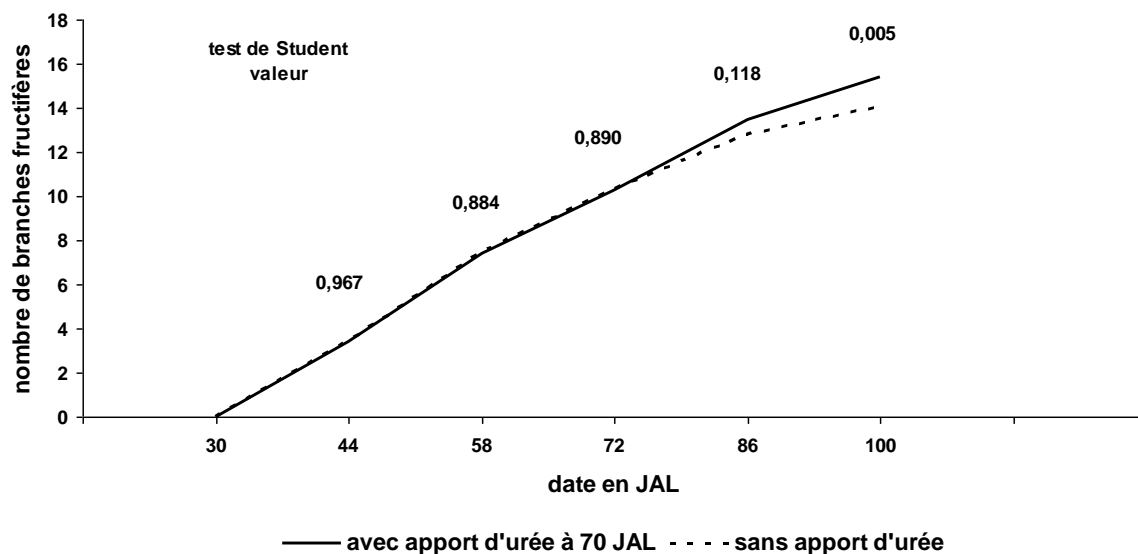


Figure 10 : effet de l'apport d'urée au 70^{ième} JAL sur le nombre de branches fructifères

Enfin en termes de taux de rétention des organes fructifères produits on n'observe pas d'effet de l'apport d'azote (Figures 11 à 13) ni de la quantité d'urée apportée (Tableaux 15 à 17) exception faite de la dernière date (100^{ième} JAL) pour les apports d'urée au 70^{ième} JAL en défaveur de la dose de 100 kg/ha.

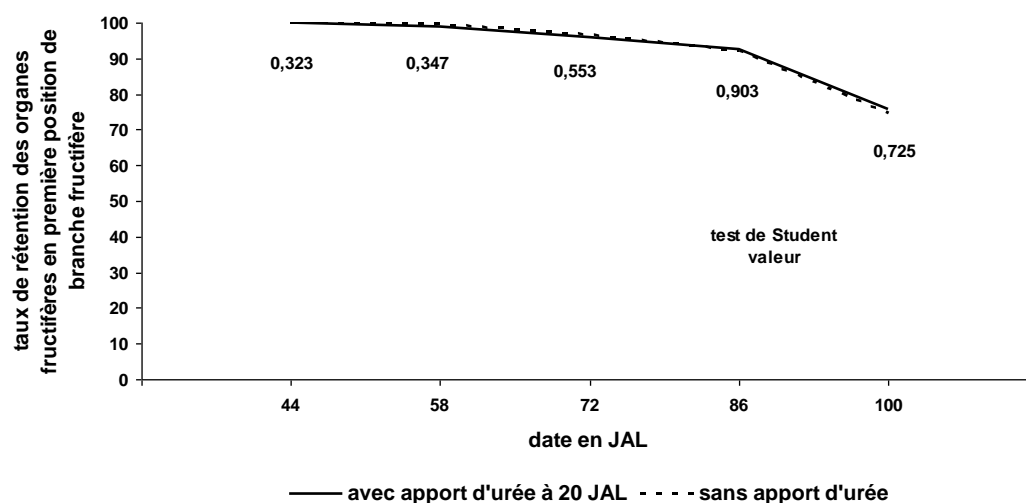


Figure 11 : effets de l'apport d'urée au 20^{ième} JAL sur les taux de rétention des organes fructifères en première position de branche fructifère

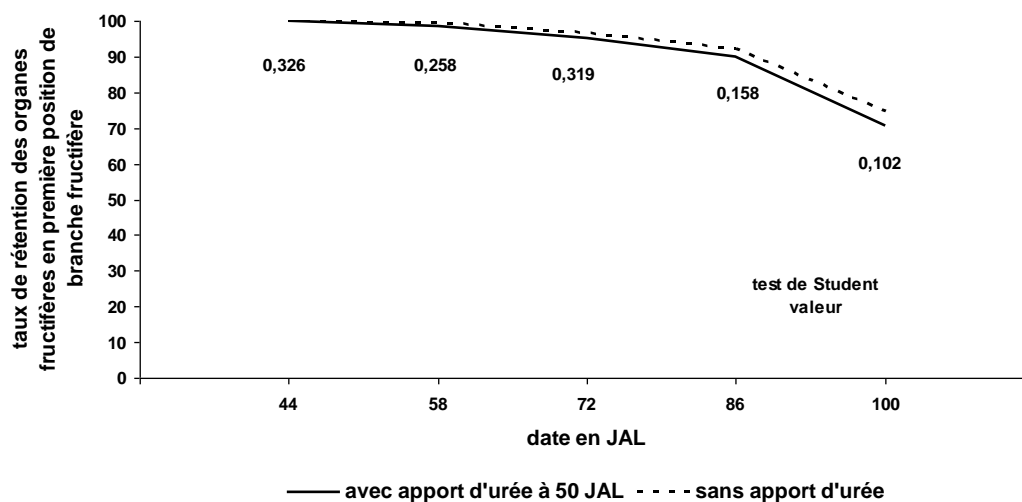


Figure 12 : effets de l'apport d'urée au 50^{ième} JAL sur les taux de rétention des organes fructifères en première position de branche fructifère

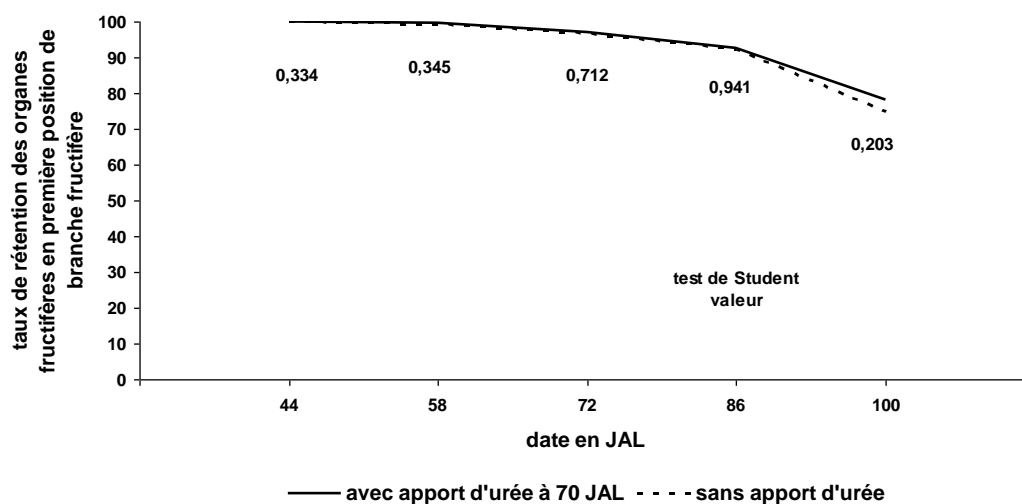


Figure 13 : effets de l'apport d'urée au 70^{ième} JAL sur les taux de rétention des organes fructifères en première position de branche fructifère

Tableau 15 : effet de la quantité d'urée apportée au 20^{ième} JAL sur le taux de rétentions des organes fructifères en première position de branche fructifère

	date en JAL			
	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,31	0,35	0,85	0,98
signification en %	74,2	71,9	46,7	41,8

Tableau 16 : effet de la quantité d'urée apportée au 50^{ième} JAL sur le taux de rétentions des organes fructifères en première position de branche fructifère

	date en JAL			
	58	72	86	100
F quantité d'urée	0,31	1,63	0,28	2,65
signification en %	74,6	25,5	76,5	13,0

Tableau 17 : effet de la quantité d'urée apportée au 70^{ième} JAL sur le taux de rétentions des organes fructifères en première position de branche fructifère

	dates en JAL	
	86	100
50 kg/ha d'urée	96,8	91,1 a
100 kg/ha d'urée	95,4	85,4 b
200 kg/ha d'urée	96,1	88,2 ab
F quantité d'urée	1,33	8,34
signification en %	31,7	1,1
CV en %	3,9	4,3

examen de la production à l'échelle de plants

L'apport d'urée, quelle que soit sa date, donne des cotonniers plus grands avec plus de branches fructifères mais il n'affecte pas de manière significative le nombre de nœuds sur la tige principale, l'apparition de la première branche fructifère (numéro du nœud de la première branche fructifère) et le nombre de branches végétative (Tableau 18). Il affecte également mais négativement le taux de capsules pourries (Tableau 19) avec un léger effet de la quantité d'urée apportée mais sans effet de la date de son apport. Il améliore le taux de rétention des organes fructifères apparus à partir de la troisième semaine du cycle fructifère mais de manière significative uniquement pour ceux produits au cours de la quatrième semaine du cycle fructifère (Tableau 20). Cet apport d'urée est également sans effet sur les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de 4 premières semaines du cycle fructifère (Tableau 21).

Tableau 18 : effet des facteurs étudiés sur les caractéristiques de développement des plants à la récolte

	hauteur en cm	nombre de nœuds	nœud de la première branche fructifère	nombre de branches végétatives	nombre de branches fructifères
0 kg/ha d'urée	85,4 b	20,8	6,9	1,6	14,8 b
50 kg/ha d'urée	101,5 a	22,0	6,6	1,8	15,7 ab
100 kg/ha d'urée	98,2 a	22,6	6,6	1,7	16,5 ab
200 kg/ha d'urée	100,2 a	22,8	6,5	1,8	17,1 a
F dose d'urée	3,07	2,16	1,62	1,01	2,86
signification en %	3,7	10,5	19,6	39,9	4,7
apport à 20 JAL	96,3	22,0	6,7	1,8	15,7
apport à 50 JAL	98,0	21,8	6,6	1,8	16,1
apport à 70 JAL	94,8	22,3	6,6	1,7	16,3
F date d'apport	0,19	0,24	0,10	0,60	0,37
signification en %	82,8	78,8	90,8	56,0	69,6
F interaction	1,53	2,00	0,84	1,12	1,77
signification en %	18,9	8,6	54,9	36,4	12,6
CV en %	17,0	10,6	7,8	25,4	14,1

Tableau 21 : effet des facteurs étudiés sur les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des quatre premières semaines du cycle fructifère

	taux de capsules entièrement saines en % des organes fructifères produits au cours des 4 premières semaines du cycle fructifère			
	1 ^{ière}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
0 kg/ha d'urée	90,0	92,3	88,7	81,8
50 kg/ha d'urée	88,6	92,8	93,4	93,0
100 kg/ha d'urée	80,9	87,0	85,6	80,9
200 kg/ha d'urée	87,8	88,4	90,3	79,0
F dose d'urée	1,29	1,52	1,12	1,50
signification en %	29,0	22,0	35,2	22,6
apport à 20 JAL	88,3	90,3	88,7	84,8
apport à 50 JAL	87,5	91,2	89,8	82,5
apport à 70 JAL	85,2	89,3	90,5	85,1
F date d'apport	0,29	0,21	0,11	0,08
signification en %	75,5	81,7	89,6	92,4
F interaction	0,93	1,05	0,83	1,00
signification en %	48,1	40,8	55,6	44,1
CV en %	16,4	12,1	15,8	26,0
Transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Considérant qu'en moyenne plus de 95 % des capsules présentes à la récolte sont des capsules entièrement saines ou partiellement saines, plus de 50 % de la production totale de ces organes fructifères est procuré par les deux premières semaines du cycle fructifère et plus de 80 % par les trois premières semaines du cycle fructifère (Tableau 22). L'élaboration de la production apparaît alors plus précoce en l'absence d'apport d'azote et aucun effet de la dose de cet apport ou de la date de cet apport n'apparaît sur l'élaboration de la production (Tableau 22).

Tableau 22 : effets des facteurs étudiés sur l'élaboration de la production

	contribution cumulée (en %) à la production totale de capsules partiellement et entièrement saines de semaines successives de production d'organes fructifères depuis le début du cycle fructifère				
	1 semaine	2 semaines	3 semaines	4 semaines	5 semaines
0 kg/ha d'urée	25,9 b	65,9 b	90,2 b	96,5 b	99,4
50 kg/ha d'urée	21,8 a	57,1 a	82,9 a	93,2 ab	98,2
100 kg/ha d'urée	21,1 a	55,1 a	81,8 a	92,0 a	97,8
200 kg/ha d'urée	21,1 a	54,8 a	81,6 a	91,6 a	97,7
F dose d'urée	4,66	6,72	4,85	3,14	2,29
signification en %	0,7	0,1	0,5	3,4	9,0
apport à 20 JAL	22,6	58,3	83,3	92,7	97,9
apport à 50 JAL	21,8	57,7	84,9	93,8	98,5
apport à 70 JAL	23,0	58,9	84,7	93,9	98,6
F date d'apport	0,39	0,12	0,26	0,29	0,63
signification en %	68,4	89,2	77,4	75,7	54,3
F interaction	0,77	1,22	1,37	1,07	1,51
signification en %	60,0	31,5	24,6	39,6	19,7
CV en %	10,0	9,2	9,0	8,2	6,1
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

densité, rendement en coton graine et marges

Aucun effet des facteurs étudiés n'apparaît sur les densités de plantation à la récolte (Tableau 23). Il en est de même pour les rendements en coton graine probablement parce que les effets des apports d'urée se manifestent trop tardivement (Tableau 23). Alors sur la base de 12 500 F CFA le sac de 50 kg d'urée (prix subventionné par l'Etat), l'apport d'urée n'apparaît pas rentable même à la dose de 50 kg/ha qui procure une marge équivalente à celle de l'absence d'apport (Tableau 23).

Tableau 23 : effets des facteurs étudiés sur les stands à la récolte, les rendements en coton graine et les marges après déduction des coûts des apports d'urée

	densité en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
0 kg/ha d'urée	3,8	1 467	271 333 a
50 kg/ha d'urée	4,0	1 479	261 146 ab
100 kg/ha d'urée	4,0	1 479	248 646 b
200 kg/ha d'urée	3,6	1 513	229 813 c
F dose d'urée	1,62	0,32	7,64
signification en %	19,7	81,6	0,0
apport à 20 JAL	3,6	1 469	249 844
apport à 50 JAL	3,9	1 484	252 734
apport à 70 JAL	4,0	1 500	255 625
F date d'apport	1,51	0,27	0,27
signification en %	23,1	77,1	77,1
F interaction	0,60	0,59	0,59
signification en %	73,4	73,6	73,6
CV en %	18,6	9,1	9,9

Annexe 1

labour		15-juin
piquetage		16-juin
semis		18-juin
resemis		29-juin
démariage		06-juil
épandage engrais complet		10-juil
épandage urée 1		10-juil
épandage urée 2		09-août
épandage urée 3		29-août
sarclages	1	10-juil
	2	30-juil
	3	10-août
	4	16-août
buttage		17-août
traitements insecticides	1	20-juil
	2	27-juil
	3	03-août
	4	10-août
	5	17-août
	6	24-août
	7	31-août
	8	07-sept
	9	14-sept
	10	21-sept
	11	28-sept
	12	05-oct
	13	12-oct

EVALUATION DE L'INTERET DE CHANGER LA NATURE DU SEUIL POUR INTERVENIR CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE EN CULTURE COTONNIERE AU MALI

1 Justification

En dépit de performances environnementales très satisfaisantes (69 % d'économies en insecticides) et d'une augmentation de 4,5 % des revenus des producteurs, le programme actuel d'interventions sur seuil au Mali présente quelques faiblesses dont : une perte de rendement de 7 %, une moins bonne efficacité vis-à-vis des chenilles de la capsule (*Helicoverpa armigera* Hübner, *Diparopsis watersi* Rothschild et *Earias* spp.) par rapport aux anciennes pratiques de protection et une relative complexité de la règle de décision pour intervenir contre ces ravageurs (atteinte d'un niveau d'infestation de 5 chenilles/25 plants). Des études conduites en 2009 ont montré qu'il était préférable d'intervenir sur seuil sur la base d'un taux de plants infestés plutôt que sur celle d'un nombre de chenilles (règle plus simple procurant une meilleure efficacité et diminuant le nombre des interventions insecticides) et qu'un ciblage des jeunes stades larvaires garantissait leur meilleur contrôle, procurait de meilleures rétentions des premiers organes fructifères formés et conduisait à de meilleurs rendements même si ce dernier résultat n'est pas apparu significatif qu'à 13,3 %.

2 Objectifs

Le principal objectif de cette étude a été d'évaluer l'intérêt de nouvelles règles de décision pour intervenir uniquement contre les chenilles de la capsule sur les plans biologique (efficacité), environnemental (réduction du nombre d'interventions insecticides), productive et économique. Parallèlement d'autres simplifications des règles pour intervenir contre les chenilles de la capsule ont été recherchées.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités étudiées et dispositif statistique

Dans un dispositif en blocs de Fisher à 6 répétitions sept programmes de protection phytosanitaire de la culture cotonnière ont été étudiés (Tableau 1).

Tableau 1 : description des programmes de protection comparés

	type d' intervention	seuil utilisé	
		niveau	différentiation des stades larvaires
A	calendaire	pas de seuil	pas de seuil
B	seuil	5 chenilles/25 plants	quel que soit le stade
C	seuil	3 chenilles/25 plants	quel que soit le stade
D	seuil	4 plants infestés/25 plants	quel que soit le stade
E	seuil	3 plants infestés/25 plants	quel que soit le stade
F	seuil	4 plants infestés/25 plants	les plants avec des L1 et L2 seront doublés
G	seuil	3 plants infestés/25 plants	les plants avec des L1 et L2 seront doublés

Le programme d'interventions calendaires a reposé sur des applications insecticides réalisées tous les 14 jours à partir du 45^{ème} jour après la levée (6 applications au total). Les

programmes d'interventions sur seuil ont reposé sur des applications insecticides décidées par parcelle élémentaire chaque semaine (du 30^{ième} au 114^{ième} JAL) si :

pour les parcelles du programme B, les infestations de chenilles de la capsule y atteignaient 5 chenilles / 25 plants
 pour les parcelles du programme C, les infestations de chenilles de la capsule y atteignaient 3 chenilles / 25 plants
 pour les parcelles du programme D, 4 plants étaient infestés par des chenilles de la capsule en observant 25 plants
 pour les parcelles du programme E, 3 plants étaient infestés par des chenilles de la capsule en observant 25 plants
 pour les parcelles du programme F, 4 plants étaient infestés par des chenilles de la capsule en observant 25 plants mais le nombre de plants hébergeant des jeunes stades (L1 et L2) étant alors doublé
 pour les parcelles du programme G, 3 plants étaient infestés par des chenilles de la capsule en observant 25 plants mais le nombre de plants hébergeant des jeunes stades (L1 et L2) étant alors doublé

Une alternative aux pyréthriinoïdes, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor[®], contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88[®], contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

3.2 dimensions des parcelles élémentaires

La parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 8 mètres mais seules les 6 lignes centrales étaient concernées par les applications insecticides.

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire, toutes les pratiques culturales (date de semis, densité de plantation, entretien contre l'enherbement et fertilisation minérale) ont été celles recommandées au Développement à savoir : un semis le 18 juin avec la variété STAM 59 A, une densité de 8,3 plants/m² (0,8 mètre entre les lignes, 0,3 mètre entre les poquets et démariage à 2 plants/poquet), 4 sarclages manuels réalisés aux 20^{ième}, 41^{ième}, 49^{ième} et 54^{ième} JAL, un apport de 200 kg/ha d'engrais complet au 20^{ième} JAL et de 50 kg/ha d'urée au 40^{ième} JAL et un buttage au 55^{ième} JAL (la levée ayant eu lieu deux jours après le semis). Toutefois compte tenu de la faible fertilité des sols de Farako 10 tonnes de fumier ont été apportés par hectare avant le labour.

3.4 observations

3.4.1 date d'apparition du premier bouton floral

Cette observation a été conduite sur tous les plants d'une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire. Tous les 3 jours le nombre de plants ayant des squares (très jeunes boutons floraux) a été relevé à partir du 25^{ième} JAL. Dès que ce nombre était égal à la moitié du nombre de plants d'une ligne cette observation était arrêtée sur cette ligne. Des régressions parcelle élémentaire par parcelle élémentaire ont alors permis de déterminer en jours après la levée la date d'apparition du premier square et celle des squares au niveau de 50 % des plants.

3.4.2 chenilles carpophages

Ces observations hebdomadaires ont débuté au 30^{ième} JAL et se sont arrêtées au 114^{ième} jour après la levée. Par parcelle élémentaire 25 plants ont toujours été observés. Les enregistrements ont été faits par plant dans l'ordre de l'ordre de leur examen.

Pour les parcelles des programmes de protection A, B, C, D et E toutes les chenilles de la capsule (en distinguant les espèces) ont été dénombrées par plant. Pour les parcelles des programmes de protection F et G, les espèces n'ont pas été distinguées mais deux catégories de stades larvaires ont été considérées : les jeunes stades (L1 et L2 confondus) et les stades larvaires plus âgés (L3 à L5 ou L6).

3.4.3 examen par plant des dégâts de chenilles de la capsule

En même temps que l'observation des chenilles de la capsule, on a signalé pour chaque plant observé la présence de dégâts attribuables à ces ravageurs. Ces dégâts étaient les suivants : forage de la tige principale (flétrissement de la cime du plant), présence de déjection de chenilles au niveau d'un organe fructifère, perforation d'un organe fructifère (ou d'une partie de cet organe : bractée, corolle ou organe fructifère), étalement des bractées d'un organe fructifère ou organe fructifère retenu par un fil de soie secrété par une chenille. Plusieurs types de dégâts pouvant être associés au niveau d'un même organe fructifère, on a dénombré par plant les organes atteints par ces ravageurs en distinguant simplement les organes attaqués : tige, bouton floral, fleur et capsule.

3.4.4 examen de la production à l'échelle de plants¹¹

Un tronçon de 4,5 mètres a été délimité sur une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire après l'ouverture de toutes les capsules. Pour chaque plant présent sur chaque tronçon on n'a observé que les premières positions de branches fructifères. Pour chaque position présente on a indiquera par C si elle était occupée par une capsule entièrement saine, par P si elle était occupée par un autre organe fructifère (bouton, fleur, capsule partiellement saine, capsule pourrie ou capsule momifiée sans précision) et par O si aucun organe fructifère n'était porté.

3.4.5 rendement et stand à la récolte

Le coton graine produit sur les 4 lignes centrales de chaque parcelle a ensuite été récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

3.5 analyse des résultats

Les résultats de toutes les observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de leur indépendance vis-à-vis des facteurs étudiés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance. Enfin pour chaque analyse de variance la signification de six contrastes a été appréciée (Tableau 2) : le premier contraste opposait la protection calendaire (modalité A) aux protections sur seuil (moyenne des modalités B, C, D, E, F et G), le second opposait la moyenne des modalités B et C à la

¹¹ Des études conduites en 2008 et en 2009 avec la variété STAM 59 A ont montré que cet examen simplifié de la production à l'échelle de plant rendait parfaitement compte de certaines caractéristiques de la production à l'échelle de plants entiers : taux de capsules entièrement saines, nombre de capsules entièrement saines et taux de rétention des organes fructifères

moyenne des modalités D, E, F et G (pour évaluer respectivement les intérêts respectifs de seuil basés sur des dénombrements de chenilles et sur des dénombrements de plants infestés, le troisième opposait la moyenne des modalités D et E à la moyenne des modalités F et G (pour évaluer l'intérêt de prendre ou non en compte les jeunes stades larvaires), le quatrième contraste comparait les seuils de 5 et 3 chenilles pour 25 plants, le cinquième contraste comparait les seuils de 4 et 3 plants infestés sans prise en compte des stades larvaires et le sixième contraste comparait les seuils de 4 et 3 plants infestés avec prise en compte des stades larvaires.

Tableau 2 : coefficients des différents contrastes

	contrastes					
	1	2	3	4	5	6
A	6	0	0	0	0	0
B	-1	2	0	1	0	0
C	-1	2	0	-1	0	0
D	-1	-1	1	0	1	0
E	-1	-1	1	0	-1	0
F	-1	-1	-1	0	0	1
G	-1	-1	-1	0	0	-1

4 Résultats

Aucun effet significatif des programmes de protection et aucun contraste significatif ne sont observés dans la date moyenne d'apparition du premier square et la date moyenne d'apparition de squares sur 50 % des plants (Tableau 3). On notera l'écart entre les coefficients de variation entre des deux mesures : date d'apparition du premier square et d'apparition de squares sur 50 % des plants.

Tableau 3 : effet des programmes de protection sur l'apparition des squares

	date en JAL	
	premier square	50 % des plants avec des squares
A	30,7	42,8
B	29,1	49,0
C	30,5	44,0
D	29,6	50,4
E	29,1	50,3
F	28,6	43,5
G	29,6	40,7
F programmes	0,36	0,69
signification en %	89,6	66,1
F contraste 1	0,84	0,47
signification en %	37,1	50,6
F contraste 2	0,31	0,00
signification en %	59,1	94,9
F contraste 3	0,03	2,96
signification en %	85,9	9,2
F contraste 4	0,60	0,54
signification en %	44,9	47,5
F contraste 5	0,09	0,00
signification en %	76,7	98,2
F contraste 6	0,32	0,17
signification en %	58,4	68,5
CV en %	10,4	25,5

Le complexe des chenilles de la capsule a été dominé du début à la fin de la campagne par *Earias* spp et ensuite par *H. armigera* (Figure 1). Sur l'ensemble de la campagne *Earias* spp a représenté 54,0 % des chenilles dénombrées, *H. armigera* 37,9 % et *D. watersi* 8,1 %. Les infestations de chenilles de la capsule ont présenté deux pics importants au 79^{ième} et 93^{ième} JAL (Figure 2). Les premières interventions sur seuil furent réalisées au 58^{ième} JAL, les dernières au 100^{ième} JAL et les plus nombreuses au moment des deux pics d'infestations (Figure 2).

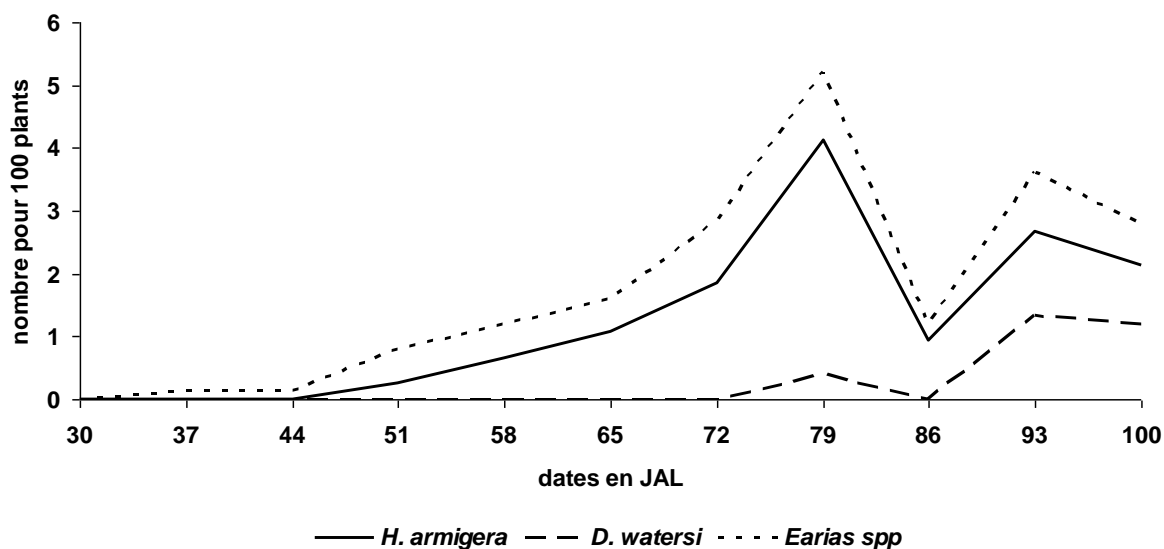


Figure 1 : évolution des infestations de chenilles de la capsule par espèce

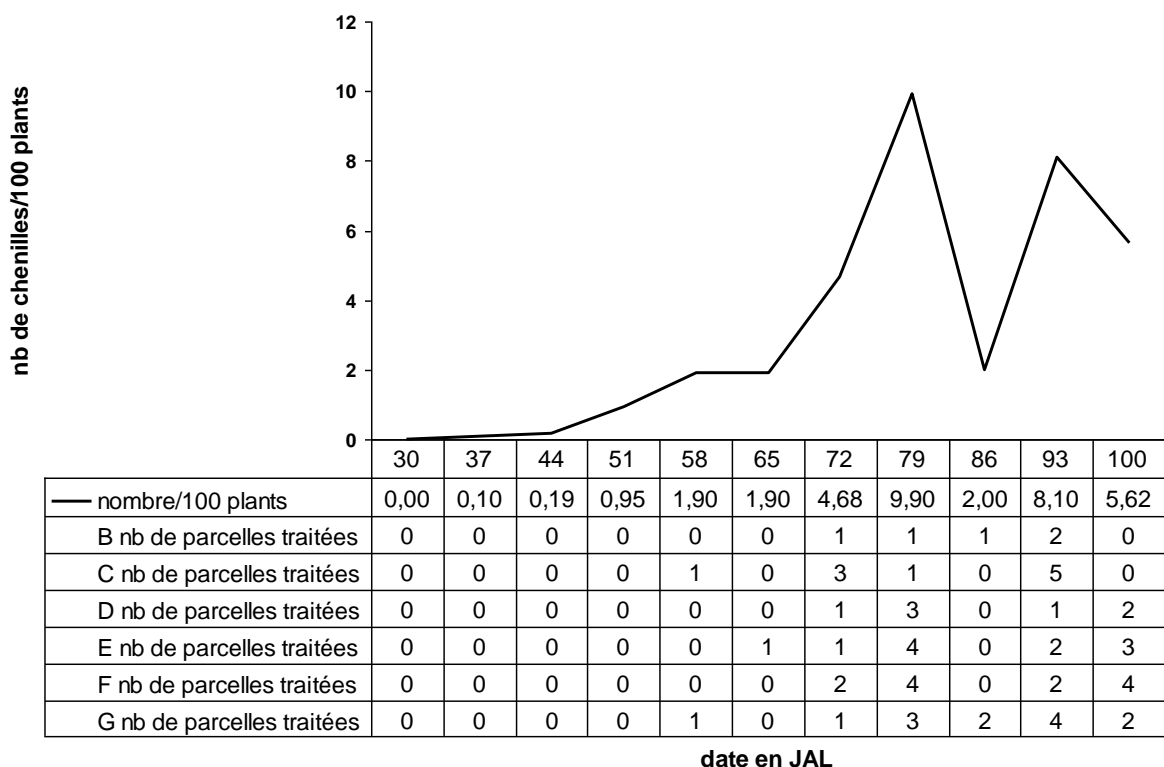


Figure 2 : évolution des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) et interventions sur seuil

Les programmes d'interventions sur seuil permettent en moyenne d'économiser 73,1 % d'insecticides (Tableau 4). Mais des différences dans les économies d'insecticides

apparaissent en fonction entre programmes d'interventions sur seuil. D'une manière générale les programmes où les seuils ont reposé sur des % de plants infestés ont conduit à un nombre significativement plus grand d'interventions sur seuil que les programmes où les seuils ont reposé sur des dénombrements de chenilles (contraste 2). Toutefois ce résultat est essentiellement imputable aux programmes qui ont dans leurs seuils accordé plus d'importance aux jeunes stades larvaires (contraste 3 et $F = 0,97$ significatif à $p > 0,10$ lorsque l'on compare la moyenne de réalisations des programmes B et C et celle des programmes D et E). Enfin mais sauf lorsque l'on accorde plus d'importance aux jeunes stades larvaires, lorsque le niveau du seuil est abaissé plus d'interventions sur seuil sont réalisées (contraste 4 significatif à $p < 0,05$, contraste 5 significatif à $p < 0,10$ et $F = 8,71$ significatif à $p < 0,01$ lorsque l'on compare la moyenne de réalisations des programmes B et D et celle des programmes C et E). Les différences de contrôle des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) entre programmes de protection reflètent assez bien les différences entre les nombres de traitements. En effet, les interventions calendaires plus nombreuses se révèlent significativement plus efficaces. D'une manière générale les programmes où les seuils ont reposé sur des % de plants infestés ont procuré un meilleur contrôle de ces ravageurs que les programmes où les seuils ont reposé sur des dénombrements de chenilles (contraste 2). Mais ce résultat est essentiellement dû à une meilleure efficacité des programmes qui ont dans leurs seuils accordé plus d'importance aux jeunes stades larvaires (contraste 3 et $F = 1,00$ significatif à $p > 0,10$ lorsque l'on compare la moyenne de réalisations des programmes B et C et celle des programmes D et E). Par contre lorsque le niveau du seuil est abaissé le contrôle de ces ravageurs n'est pas significativement amélioré (contrastes 4 à 6, $F = 0,40$ significatif à $p > 0,10$ lorsque l'on compare la moyenne de réalisations des programmes B, D et F et celle des programmes C, E et G et $F = 2,30$ significatif à $p > 0,10$ lorsque l'on compare la moyenne de réalisations des programmes B et D et celle des programmes C, E).

Tableau 4 : effets des programmes de protection sur les nombre d'interventions insecticides et le contrôle des chenilles de la capsule (toutes espèces confondues)

	nb de traitement/ha	infestations de chenilles de la capsule/100 plants par observation
A	6,0 c	0,0 a
B	0,8 a	4,7 c
C	1,7 ab	3,9 bc
D	1,2 ab	4,2 bc
E	1,8 b	3,6 bc
F	2,0 b	2,7 b
G	2,2 b	3,3 bc
F programmes	46,03	14,19
signification en %	0,0	0,0
F contraste 1	255,78	71,60
signification en %	0,0	0,0
F contraste 2	6,06	5,62
signification en %	1,9	2,3
F contraste 3	5,27	4,45
signification en %	2,7	4,1
F contraste 4	5,38	1,58
signification en %	2,6	21,7
F contraste 5	3,44	0,79
signification en %	7,0	38,4
F contraste 6	0,22	1,10
signification en %	65,0	30,4
CV en %	27,8	31,3

Au niveau des dénombrements de chenilles par espèce (pratiqués uniquement dans les parcelles élémentaires des 5 premiers programmes de protection), seule la meilleure efficacité des interventions calendaires se manifeste quelle que soit l'espèce (Tableau 5). Ainsi, lorsque le niveau du seuil est abaissé (qu'il s'agisse de nombre de chenilles ou de % de plants infestés) le contrôle de ces ravageurs n'est pas significativement amélioré ($F = 1,06$ significatif à $p > 0,10$ pour *H. armigera*, $F = 1,91$ significatif à $p > 0,10$ pour *D. watersi* et $F = 0,70$ significatif à $p > 0,10$ pour *Earias spp*). De même il n'y a pas de différence significative d'efficacité entre les programmes dont les seuils reposent sur des dénombrements de chenilles et les programmes dont les seuils reposent sur des % de plants infestés ($F = 0,05$ significatif à $p > 0,10$ pour *H. armigera*, $F = 0,50$ significatif à $p > 0,10$ pour *D. watersi* et $F = 2,00$ significatif à $p > 0,10$ pour *Earias spp*).

Tableau 5 : effets des programmes de protection sur les infestations de chenilles de la capsule par espèce

	nombre pour 100 plants/observation		
	<i>H. armigera</i>	<i>D. watersi</i>	<i>Earias spp</i>
A	0,00 a	0,00 a	0,00 a
B	1,70 b	0,42 b	2,55 b
C	1,45 b	0,18 ab	2,30 b
D	1,65 b	0,37 b	2,13 b
E	1,39 b	0,36 b	1,88 b
F programmes	8,51	3,81	11,88
signification en %	0,0	1,9	0,0
CV en %	47,7	82,2	40,9

Les principaux dégâts infligés par les chenilles de la capsule sont des écimages de cotonniers tout au long de la campagne (Figure 3). Viennent ensuite par ordre d'importance décroissantes : les dégâts sur boutons floraux, les dégâts sur fleurs et les dégâts sur capsules (Figure 3). Ce n'est qu'à partir du 72^{ème} JAL que les dégâts sur organes fructifères (boutons floraux, fleurs et capsules) sont supérieurs en nombre aux écimages. Quel que soit l'organe de la plante, l'importance des dégâts qui lui sont infligés dans le temps reflète parfaitement la dynamique des infestations de chenilles de la capsule (Figure 3).

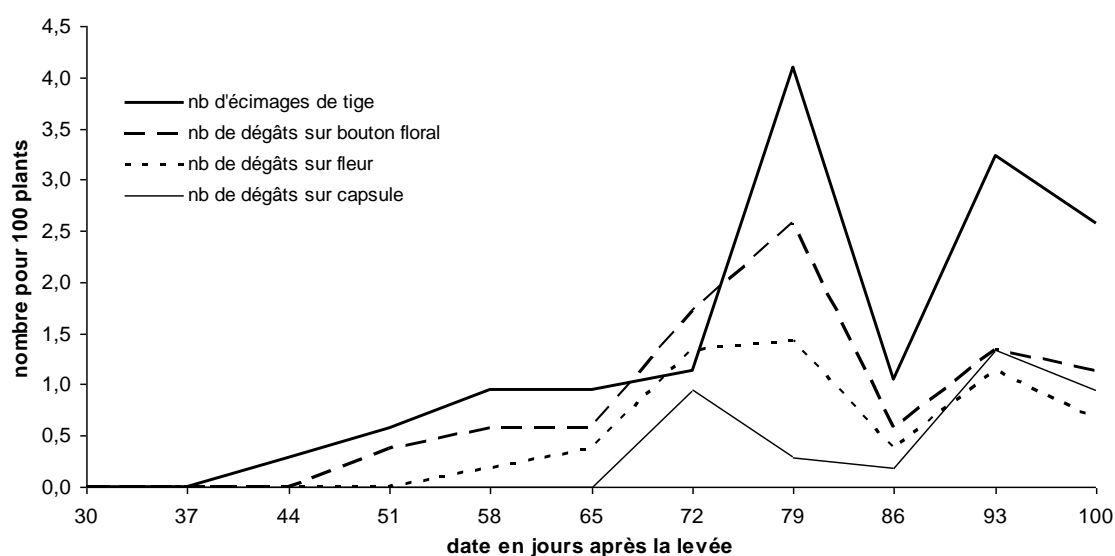


Figure 3 : évolution de l'importance des dégâts de chenilles de la capsule par type d'organe attaqué

Les plus faibles nombres de dégâts (quel que soit l'organe attaqué) sont toujours observés de manière significative dans les parcelles protégées par des interventions calendaires (Tableau 6). Pour les écimages, les meilleurs (à $p < 0,10$) programmes de protection sur seuil sont d'abord ceux pour lesquels une importance plus grande aux jeunes stades larvaires a été accordée puis celui qui reposait sur le seuil de 3 chenilles pour 25 plants (Tableau 6). Les mêmes tendances sont observées en faveur programmes de protection accordant une importance plus grande aux jeunes stades larvaires pour les dégâts sur boutons floraux et sur fleurs (Tableau 6). Lorsque l'on examine l'ensemble des dégâts provoqués par les chenilles de la capsule, après le programme d'interventions calendaires les programmes d'interventions sur seuil les plus performants sont par ordre de performances décroissantes ceux qui accordent une plus grande importance aux jeunes stades larvaires, puis ceux qui ont reposés sur les seuils les plus bas (3 chenilles pour 25 plants ou 3 plants infestés pour 25 plants) et enfin ceux qui ont adopté soit le seuil de 5 chenilles pour 25 plants soit celui de 4 plants infestés pour 25 plants. Enfin sauf peut être pour les dégâts sur fleurs mais à 11,7 %, on ne note pas de différence entre les programmes dont les seuils reposaient sur des nombres de chenilles (moyenne des programmes B et C) et les programmes dont les seuils reposaient sur des % de plants infestés (moyenne des programmes D et E) : $F = 0,05$ significatif à $p > 0,10$ pour les écimages, $F = 0,09$ significatif à $p > 0,10$, $F = 2,55$ significatif à $p > 0,10$ pour les fleurs, $F = 0,13$ significatif à $p > 0,10$ pour les capsules et $F = 0,05$ significatif à $p > 0,10$ pour l'ensemble des organes attaqués).

Tableau 6 : importance des dégâts dus aux chenilles de la capsule en fonction des programmes de protection

	nombre de dégâts pour 100 plants/observation				
	écimages	boutons floraux	fleurs	capsule	total
A	0,24 a	0,12 a	0,12 a	0,06	0,55 a
B	2,00 b	1,15 b	0,73 ab	0,48	4,36 c
C	1,33 b	0,85 ab	0,97 b	0,29	3,46 bc
D	1,82 b	1,09 b	0,85 ab	0,52	4,30 c
E	1,64 b	1,03 b	0,30 ab	0,35	3,33 bc
F	1,15 b	0,79 ab	0,24 ab	0,26	2,49 b
G	1,27 b	0,61 ab	0,30 ab	0,28	2,49 b
F programmes	4,63	3,18	3,90	1,50	11,20
signification en %	0,20	1,54	0,55	21,03	0,00
F contraste 1	19,96	13,69	5,81	5,44	45,12
signification en %	0,0	0,1	2,1	2,5	0,0
F contraste 2	0,72	0,49	8,24	0,09	4,93
signification en %	40,7	49,6	0,7	76,4	3,2
F contraste 3	3,70	3,32	3,15	1,57	11,45
signification en %	6,1	7,5	8,3	21,8	0,2
F contraste 4	3,10	1,15	1,01	1,06	2,66
signification en %	8,5	29,2	32,5	31,2	10,9
F contraste 5	0,23	0,05	5,11	0,85	3,03
signification en %	64,0	82,6	3,0	36,7	8,8
F contraste 6	0,10	0,42	0,06	0,02	0,00
signification en %	74,9	53,2	79,9	89,1	100,0
CV en %	48,6	60,8	83,3	11,8	32,2
transformation				$\sqrt{(x+1)}$	

Sur l'ensemble des parcelles de l'étude et tout au long de la campagne, de très bonnes relations sont obtenues entre populations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) et nombre de dégâts observés sur les mêmes plants car à l'exception d'une

seule date et uniquement pour les nombres de capsules attaquées les coefficients de corrélation sont souvent très élevés et toujours significatifs à $p < 0,01$ (Tableau 7).

Tableau 7 : coefficients de corrélation entre population de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) et nombre de dégâts observés sur les mêmes plants

	coefficients de corrélation entre nombre de chenilles et nombre de dégâts										
	dates en JAL										
	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100
écimages	CI	CI	0,806	0,666	0,921	0,812	0,369	0,765	0,783	0,783	0,822
boutons floraux attaqués	CI	CI	CI	0,577	0,508	0,612	0,572	0,695	0,734	0,714	0,698
fleurs attaquées	CI	CI	CI	CI	0,414	0,418	0,675	0,642	0,548	0,592	0,460
capsules attaquées	CI	CI	CI	CI	CI	CI	0,494	0,191	0,568	0,662	0,616

CI : calcul impossible

■ significatif à $p < 0,01$

■ significatif à $p < 0,05$

Les relations sont encore très souvent satisfaisantes en considérant les types d'organes attaqués et les populations par espèce (Tableau 8) mais on remarquera que les écimages sont plus souvent corrélés significativement aux populations d'*Earias* spp alors que les dégâts sur organes fructifères sont plus souvent corrélés significativement aux populations d'*H. armigera* (Tableau 8). Les populations de *D. watersi* semblent surtout corrélées aux dégâts sur capsule (Tableau 8). Ces résultats confortent de manière indirecte ce que l'on connaît de la biologie de ces différents ravageurs.

Tableau 8 : coefficients de corrélations entre population de chenilles de la capsule et nombre de dégâts observés sur les mêmes plants

	coefficients de corrélation entre nombre d'écimages et nombre de chenilles										
	dates en JAL										
	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100
<i>H. armigera</i>	CI	CI	CI	0,239	0,331	0,295	CI	0,527	0,421	0,763	0,778
<i>D. watersi</i>	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	0,617	0,444
<i>Earias</i> spp	CI	CI	0,695	0,751	0,965	0,843	0,690	0,857	0,970	0,794	0,908
	coefficients de corrélation entre nombre de boutons floraux attaqués et nombre de chenilles										
	dates en JAL										
	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100
<i>H. armigera</i>	CI	CI	CI	0,356	0,614	0,829	0,671	0,870	0,476	0,803	0,830
<i>D. watersi</i>	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	0,321	CI	0,650	0,213
<i>Earias</i> spp	CI	CI	CI	0,560	0,256	0,201	0,301	0,417	0,720	0,762	0,716
	coefficients de corrélation entre nombre de fleurs attaquées et nombre de chenilles										
	dates en JAL										
	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100
<i>H. armigera</i>	CI	CI	CI	CI	0,598	0,207	0,814	0,700	0,806	0,720	0,557
<i>D. watersi</i>	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	0,423	0,349
<i>Earias</i> spp	CI	CI	CI	CI	0,271	0,355	0,590	0,549	0,306	0,630	0,338
	coefficients de corrélation entre nombre de capsules attaquées et nombre de chenilles										
	dates en JAL										
	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100
<i>H. armigera</i>	CI	CI	CI	CI	CI	CI	0,638	0,191	0,770	0,538	0,371
<i>D. watersi</i>	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	1,000	CI	0,832	1,000
<i>Earias</i> spp	CI	CI	CI	CI	CI	CI	0,273	CI	0,176	0,633	0,453

CI : calcul impossible

■ significatif à $p < 0,01$

■ significatif à $p < 0,05$

Ces très bonnes liaisons entre dégâts et infestations permettent d'envisager la définition de seuils d'intervention contre les chenilles basés sur l'observation de leurs dégâts (qui pourrait se révéler plus simple et plus rapide) plutôt que sur des dénombrements de populations

larvaires. Ainsi au seuil de 20 chenilles de la capsule pour 100 plants correspondrait celui de 17-18 dégâts (quel que soit l'organe attaqué) de chenilles de la capsule sur 100 plants (Figure 4) et celui de 16 % de plants infestés par ces ravageurs à 16-17 % de plants présentant des dégâts (quel que soit l'organe attaqué) de ces ravageurs (Figure 5).

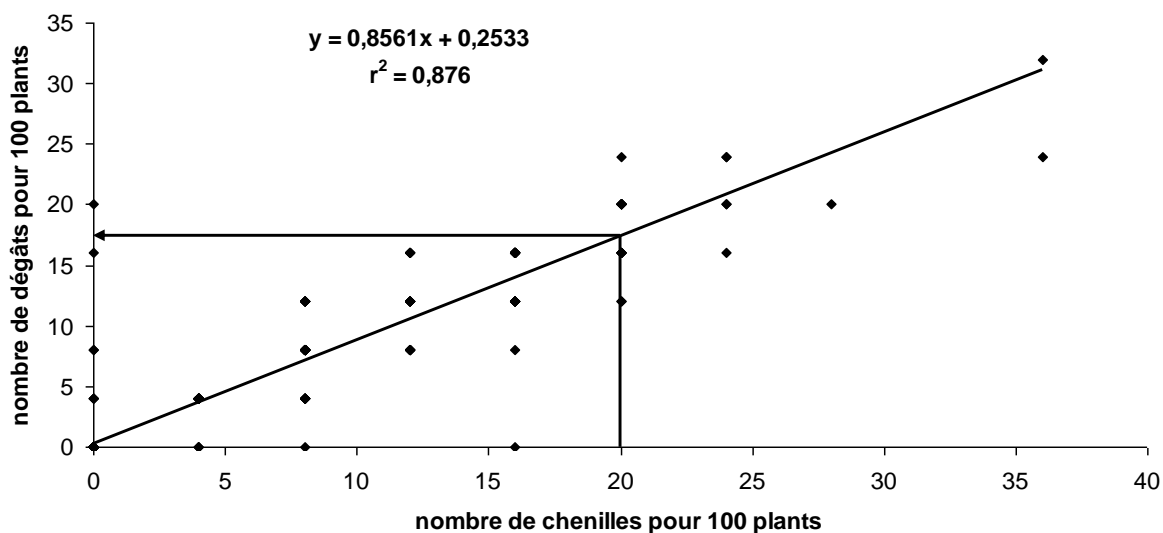


Figure 4 : liaison entre nombre de dégâts et nombre de chenilles de la capsule

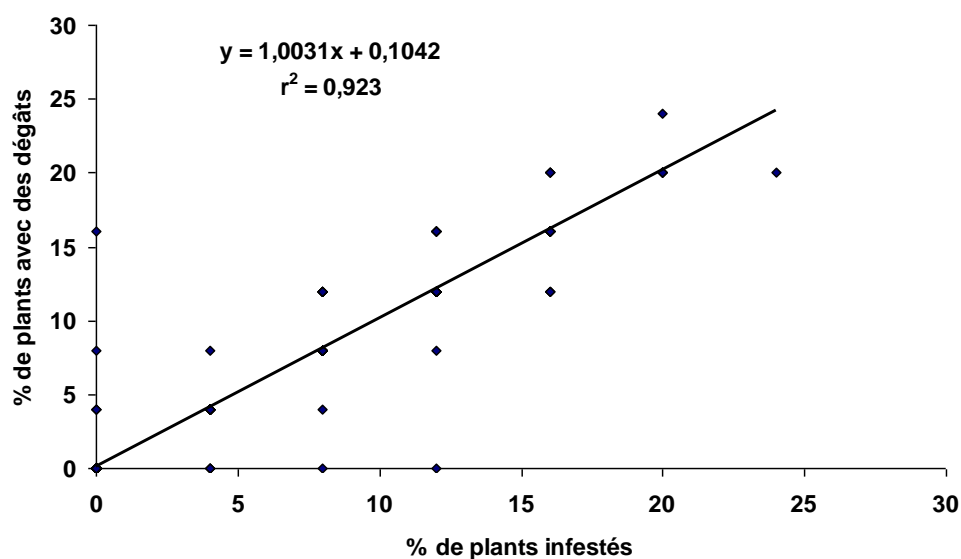


Figure 5 : liaison entre % de plants présentant des dégâts de chenilles de la capsule et % de plants hébergeant des chenilles de la capsule

On ne note pas de différence significative entre les programmes de protection pour le nombre de branches fructifères par plant (Tableau 9). Au niveau des premières positions de branche fructifère, la seule différence significative est le plus grand nombre de capsules entièrement saines par plant en faveur du programme d'interventions calendaires par rapports aux programmes reposant sur des interventions sur seuil : presque 1 capsule entièrement saine de plus par plant (contraste 1). Ce résultat proviendrait plus d'un taux de rétention supérieur même s'il n'est significatif qu'à 11,6 % car le plus fort taux de capsules entièrement saines n'est significatif qu'à 61,6 %.

Tableau 9 : effets des programmes de protection sur les caractéristiques productives des plants examinées à la récolte

	nb de branches fructifères par plant	organes fructifères en première position de branche fructifère		
		taux de rétention en %	capsules entièrement saines	
			taux en %	nb par plant
A	13,8	47,7	92,9	6,0
B	13,9	45,7	92,8	5,6
C	13,1	46,3	88,6	5,0
D	12,9	43,1	96,5	5,3
E	13,0	42,3	90,6	4,8
F	12,7	43,6	82,3	4,5
G	13,4	44,7	92,2	5,3
F programmes	0,87	0,95	1,42	1,52
signification en %	53,2	47,3	23,9	20,4
F contraste 1	1,37	2,56	0,27	4,40
signification en %	24,9	11,6	61,6	4,2
F contraste 2	1,43	2,30	0,01	0,91
signification en %	24,0	13,6	94,5	35,1
F contraste 3	0,04	0,57	2,90	0,11
signification en %	83,1	46,1	9,6	73,7
F contraste 4	1,44	0,04	0,65	1,04
signification en %	23,7	83,4	43,2	31,6
F contraste 5	0,04	0,09	1,88	0,77
signification en %	83,2	76,8	17,8	39,0
F contraste 6	0,87	0,17	2,83	1,90
signification en %	36,3	68,9	9,9	17,5
CV en %	8,7	6,5	12,4	18,1
transformation		arcsin√p	arcsin√p	

Si les taux de rétention des organes fructifères sont toujours en faveur du programme d'interventions calendaires par rapport aux programmes d'interventions sur seuil, cet avantage n'est significatif que pour les organes fructifères produits au cours de la deuxième semaine du cycle fructifère (contraste 1 du Tableau 10). Des taux de rétentions significativement plus élevés sont également observés en faveur des programmes dont les seuils reposaient sur des dénombrements de chenilles par rapport à ceux dont les seuils reposaient sur des pourcentages de plants infestés pour les 3^{ième} et quatrième semaines du cycle fructifère (contraste 3 du Tableau 10). Enfin il faut souligner dans cette étude que les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des deux premières semaines du cycle fructifère sont beaucoup plus élevés que ceux observés dans d'autres études même si en moyenne ils restent inférieurs à 70 %.

Les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des premières semaines du cycle fructifère sont extrêmement élevés puisque jusqu'à la quatrième semaine du cycle fructifère ils sont en moyenne supérieur à 90 % et que pour ceux produits au cours de la cinquième semaine ils sont en moyenne de 89,3 % (Tableau 11). Très peu de différences significatives sont notées entre les programmes de protection dans les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des premières semaines du cycle fructifère : une différence pour les organes fructifères produits au cours de la première semaine du cycle fructifère apparaît entre les programmes dont les seuils reposaient sur des pourcentages de plants infestés en faveur de ceux n'accordant pas de plus grande importance aux jeunes stades larvaires et une autre pour les organes

fructifères produits au cours de la quatrième semaine du cycle fructifère en faveur du programme dont le seuil était de 4 plants infestés/25 plants par rapport à celui dont le seuil était de 3 plants infestés/25 plants (Tableau 11). A l'exception des programmes dont les seuils accordaient plus d'importance aux jeunes stades larvaires pour lesquels l'inverse est observé mais jamais de manière significative (contraste 6 du Tableau 11), on note curieusement de manière systématique des taux de capsules entièrement saines en moyenne plus élevés pour les programmes dont les seuils étaient les plus élevés (5 chenilles pour 25 plants et 4 plants infestés pour 25 plants) par rapport à ceux dont les seuils étaient plus bas (3 chenilles pour 25 plants et 3 plants infestés pour 25 plants). Toutefois cette tendance n'est significative qu'à 10,4 % pour la première semaine de production d'organes fructifères ($F = 2,76$), à 15,1 % pour la deuxième semaine de production d'organes fructifères ($F = 2,13$), à 11,9 % pour la troisième semaine de production d'organes fructifères ($F = 2,52$), à 5,5 % pour la quatrième semaine de production d'organes fructifères ($F = 3,89$) et à 16,1 % pour la cinquième semaine de production d'organes fructifères ($F = 2,03$).

Tableau 10 : effets des programmes de protection sur les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des sept premières semaines du cycle fructifère

[illegible]

Tableau 11 : effets des programmes de protection sur les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des cinq premières semaines du cycle fructifère

semaines	taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de semaines successives du cycle fructifère				
	1 ^{ière}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}
A	94,3	93,9	93,3	95,9	99,4
B	93,0	97,2	98,3	90,6	95,3
C	89,9	91,4	95,1	87,5	81,4
D	99,8	95,2	98,1	99,2	97,0
E	93,1	93,5	92,2	84,9	81,6
F	80,4	90,0	84,1	83,4	60,6
G	93,4	95,7	95,7	95,8	91,9
F programmes	2,18	0,85	1,63	1,78	1,37
signification en %	7,2	54,1	17,2	13,7	25,9
F contraste 1	0,10	0,00	0,13	0,90	2,49
signification en %	75,4	94,8	72,2	35,3	12,1
F contraste 2	0,30	0,18	1,72	0,55	0,18
signification en %	59,7	67,9	19,7	47,1	67,7
F contraste 3	6,07	0,21	1,72	0,58	1,00
signification en %	1,9	65,3	19,7	45,9	32,7
F contraste 4	0,22	2,60	0,77	0,15	0,85
signification en %	64,7	11,4	39,0	70,4	36,7
F contraste 5	3,53	0,20	1,86	5,79	1,19
signification en %	6,7	65,9	17,9	2,1	28,4
F contraste 6	2,88	1,92	3,58	2,70	2,49
signification en %	9,6	17,3	6,5	10,7	12,1
CV en %	15,6	10,6	13,8	17,5	34,5
Transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Conséquence probable de la rareté des différences significatives entre les programmes de protection pour les taux de rétention et les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours de semaines successive du cycle fructifère, on n'observe pratiquement pas de différence entre les programmes de protection dans l'élaboration de la production de capsules entièrement saines (Tableau 12). Seuls les programmes dont les seuils reposaient sur des pourcentages de plants infestés montrent une élaboration légèrement plus précoce de la production de capsules entièrement saines par rapport aux programmes dont les seuils reposaient sur des dénombrements de chenilles (contraste 2 dans le tableau 12).

Tableau 12 : effets des programmes de protection sur l'élaboration de la production de capsules entièrement saines en première position de branche fructifère

semaines	contribution en % de semaines de production d'organes fructifères à la production totale de capsules entièrement saines en première position de branche fructifère				
	1 ^{ère}	1 ^{ère} et 2 ^{ème}	1 ^{ère} à 3 ^{ème}	1 ^{ère} à 4 ^{ème}	1 ^{ère} à 5 ^{ème}
A	22,2	56,4	80,9	92,0	97,5
B	20,6	54,2	81,7	92,6	98,0
C	22,1	53,8	81,3	93,6	99,2
D	26,9	60,2	83,2	94,0	99,3
E	24,2	61,5	86,0	96,7	99,7
F	24,0	63,3	86,7	95,3	98,8
G	22,1	55,9	81,8	92,7	98,6
F programmes	1,38	1,87	1,00	0,91	1,05
signification en %	25,6	11,9	44,3	50,5	41,3
F contraste 1	0,36	0,36	0,97	1,18	2,51
signification en %	56,1	56,3	33,3	28,6	12,0
F contraste 2	3,77	6,87	2,05	1,10	0,54
signification en %	5,9	1,3	16,0	30,4	47,5
F contraste 3	2,02	0,21	0,02	0,67	1,69
signification en %	16,2	65,4	90,0	42,5	20,1
F contraste 4	0,42	0,01	0,01	0,11	1,20
signification en %	53,0	93,0	90,8	74,0	28,1
F contraste 5	1,11	0,13	0,74	1,38	0,36
signification en %	30,2	72,5	40,1	24,9	55,9
F contraste 6	0,58	3,63	2,22	1,01	0,01
signification en %	45,9	6,3	14,3	32,6	91,4
CV en %	10,1	7,9	6,9	7,1	5,7
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

On ne note pas de différence significative entre les programmes de protection pour les stands à la récolte (Tableau 13) mais il faut souligner qu'entre les deux derniers programmes de protection F et G, la différence en défaveur du programme G (qui présente d'ailleurs le plus faible stand de cette étude) est significative à 5,4 %. Conséquence probable de son faible stand, le programme G a procuré un rendement significativement plus faible que celui procuré par le programme F (Tableau 13), la seule différence significative apparue au niveau des rendements cette étude. Alors avec un prix d'achat de 185 F CFA/kg de coton graine et un coût de 6 041 F CFA/ha pour une application insecticide¹², les programmes d'interventions sur seuil non différents entre eux sont apparus significativement plus rentables que le programme d'interventions calendaires (Tableau 13). Comme pour les rendements les marges dégagées par le programme G sont significativement plus faibles que celles procurées par le programme F et ne sont pas significativement différentes de celles des interventions calendaires.

¹² Pour la campagne 2010 le coût de 6 041 F CFA/ha pour une intervention insecticide était décomposé en 4 566 F CFA d'achat d'insecticide (à crédit), 900 F CFA de coût des piles pour une application, 150 F CFA le coût de la main d'œuvre pour la réalisation d'une application et 425 F CFA le coût de l'amortissement et de l'entretien de l'appareil de traitement par application

Tableau 13 : effets des programmes de protection sur les stands à la récolte, les rendements en coton-graine et les marges après déduction des coûts de protection foliaire

	densité en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
A	3,7	1221	189 584 b
B	3,9	1286	232 840 a
C	4,0	1253	221 784 a
D	3,6	1204	218 792 a
E	4,0	1283	227 204 a
F	4,1	1331	235 230 a
G	3,4	1201	209 128 ab
F programmes	1,10	1,65	4,32
signification en %	38,4	16,6	0,3
F contraste 1	0,12	0,92	17,80
signification en %	72,7	34,8	0,0
F contraste 2	1,03	0,20	0,52
signification en %	32,1	66,1	48,4
F contraste 3	0,03	0,36	0,01
signification en %	85,6	55,8	91,1
F contraste 4	1,45	2,14	1,06
signification en %	23,6	15,1	31,2
F contraste 5	0,04	0,37	0,61
signification en %	84,1	55,4	44,5
F contraste 6	3,94	5,94	5,92
signification en %	5,4	2,0	2,0
CV en %	16,7	7,4	8,5

5 Conclusions et discussion

En moyenne les programmes d'interventions sur seuil ont permis d'économiser 73,1 % d'insecticides. Il existe certes des différences en fonction de la règle employée pour décider la réalisation des interventions sur seuil mais au minimum 63,3 % d'économies d'insecticides ont été réalisées. Ce moindre recours à l'utilisation d'insecticides se traduit par un moins bon contrôle des chenilles de la capsule par rapport à des interventions calendaires mais il ne se répercute pas significativement sur la production de coton-graine ou ses caractéristiques. En conséquence les programmes d'interventions sur seuil apparaissent en moyenne plus rentables que des interventions calendaires.

Parmi les règles pour décider la réalisation des interventions sur seuil qui n'accordent pas une importance plus grande aux jeunes stades larvaires, on ne note pas de grandes différences (en nombre de traitements sur seuil, en efficacité, en rendement et en rentabilité) entre celles reposant sur des dénombrements de chenilles de la capsule et celles reposant sur des pourcentages de plants infestés par ces ravageurs. Ce résultat, sans être négatif, est toutefois moins favorable au remplacement des dénombrements de chenilles par des dénombrements de plants infestés alors qu'il a conduit à moins d'interventions sur seuil et à une meilleure efficacité dans toutes les études conduites en 2009 et dans une autre étude conduite en 2010.

Toujours parmi ces mêmes règles, l'abaissement du seuil a conduit à réaliser significativement plus d'interventions insecticides (+ 0,75 intervention en moyenne) sans procurer un meilleur contrôle de chenilles de la capsule. Cependant ces résultats n'ont eu aucune répercussion sur les marges après déduction des coûts de protection (en moyenne 225 800 F CFA/ha contre 224 500 F CFA/ha lorsque le seuil est abaissé).

Accorder plus d'importance aux jeunes stades larvaires dans les règles de décision pour intervenir sur seuil contre les chenilles de la capsule a conduit à réaliser en moyenne plus d'interventions insecticides ($F = 9,07$ significatif à $p < 0,01$) mais a procuré un meilleur contrôle de ces ravageurs ($F = 10,36$ significatif à $p < 0,01$). Cette meilleure efficacité, qui confirme les résultats obtenus en 2009 (observé uniquement au niveau des jeunes stades larvaires), ne s'est toutefois pas répercutée sur les rendements ($F = 0,09$ significatif à $p > 0,10$) ni sur les marges ($F = 0,20$ significatif à $p > 0,10$) en raison probablement des faibles performances productives du dernier programme d'interventions sur seuil (programme G) liées à une faible densité de plantation.

Enfin il semble parfaitement possible au niveau des règles de décision de remplacer les dénombrements de chenilles de la capsule par des dénombrements de dégâts (tous types de dégâts sans distinction) infligés par ces ravageurs mais en les ajustant pour qu'ils se correspondent (1 chenille = 0,8-0,9 dégât). Il en est de même pour le remplacement du pourcentage de plants infestés par le pourcentage de plants présentant des dégâts avec l'avantage, cette fois, d'une parfaite correspondance entre les deux règles (1 plant infesté = 1 plant ayant des dégâts, tous types confondus).

L'intérêt d'abaisser le seuil d'interventions contre les chenilles de la capsule devrait probablement être apprécié en termes de risques encourus pour les producteurs dans différents contextes de pressions exercées par les chenilles de la capsule (en particulier plus fortes que celles habituellement rencontrées sur la sous station de Farako). Dans cette approche il faudrait aussi tenir compte des appréciations des producteurs qui pourraient se sentir plus sécurisés avec des seuils plus bas que ceux qu'ils respectent actuellement.

Le remplacement, dans les règles de décision, des dénombrements de chenilles par des pourcentages de plants infestés devrait être également étudié en milieu producteur à la suite des résultats obtenus au cours des deux dernières campagnes. Dans cette approche il conviendrait d'apprécier le gain de temps possible grâce à ce changement de règle dans la réalisation des observations.

Au niveau de la recherche il conviendrait d'étudier le remplacement, dans les règles de décision, d'un pourcentage de plants infestés par un pourcentage de plants ayant des dégâts de ces ravageurs. Mais en raison de l'équivalence 1 plant infesté par ces ravageurs = 1 plant présentant des dégâts de ces ravageurs, il pourrait être intéressant d'étudier l'intérêt d'une règle mixte la prenant en compte : 1 plant infesté ou 1 plant présentant des dégâts étant substituable. L'observation de dégâts pouvant être plus simple et plus rapide que l'observation de chenilles, il serait intéressant de pouvoir quantifier cet avantage. Le remplacement des dénombrements de chenilles de la capsule par des dénombrements de dégâts provoqués par ces ravageurs qui ne nous semble pas présenter autant d'intérêt pourrait néanmoins être étudié au cours d'une nouvelle campagne. Il en est de même pour les règles accordant plus d'importance aux jeunes stades larvaires en raison de leur plus grande efficacité et des économies encore importantes d'insecticides qu'ils procurent même si elles sont inférieures à celles procurées par d'autres règles.

SELECTION DE LA MEILLEURE ECHELLE DE PRISE DE DECISION POUR DES INTERVENTIONS SUR SEUIL CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE EN CULTURE COTONNIERE AU MALI

1 Justification

Qu'il s'agisse de lutte étagée ciblée ou de programme d'interventions sur seuil, les décisions pour la réalisation d'applications insecticides sont prises par les producteurs à l'échelle de leur parcelle indépendamment des décisions prises par d'autres producteurs. Ainsi une parcelle de cotonniers peut à un moment donné recevoir une application insecticide alors que la parcelle adjacente restera non traitée. Il pourrait alors y avoir des reports d'infestations de la parcelle protégée par cette application insecticide vers la parcelle restée non traitée qui connaîtrait ainsi une aggravation de son état phytosanitaire pouvant être plus difficile à maîtriser par la suite. Il n'est donc pas certain que pour un ensemble de parcelles détenues par des producteurs la meilleure échelle de prise de décision d'une application insecticide soit celle de la parcelle.

2 Objectifs

Le premier objectif de cette étude a été d'évaluer les intérêts respectifs de deux échelles de prise de décision pour des interventions insecticides sur seuil contre les chenilles de la capsule (la parcelle ou un ensemble de parcelles) en termes d'efficacité biologique, de réduction de l'utilisation d'insecticides, de performances productives et de résultats économiques. Pour la deuxième échelle de prise de décision pour des interventions insecticides sur seuil contre les chenilles de la capsule (un ensemble de parcelles), le second objectif de cette étude a été d'évaluer les intérêts respectifs de deux règles de décision (l'une sur la base de la moyenne des infestations ou l'autre sur la base de 50 % des parcelles ayant dépassé le seuil habituel d'infestations en chenilles de la capsule) sur la base des mêmes critères.

3 Matériels et méthodes

3.1 modalités étudiées et dispositif statistique

Dans un dispositif en carré latin quatre types de pratiques phytosanitaires de la culture cotonnière ont été comparés (Tableau 1).

Tableau 1 : description des types de pratiques phytosanitaires

	Type d' intervention	échelle de décision et de traitement	type de seuil
PV	calendaire	pas d'échelle	pas de seuil
PS	sur seuil	sous parcelle	5 chenilles/25 plants
PSN1	sur seuil	ensemble de 6 sous parcelles	moyenne de 5 chenilles/25 plants
PSN2	sur seuil	ensemble de 6 sous parcelles	3 parcelles avec 5 chenilles/25 plants

Le programme d'interventions calendaires a reposé sur des applications réalisées tous les 14 jours à partir du 45^{ème} jour après la levée. Les interventions sur seuil ont réalisées soit par sous parcelle (PS) soit par ensemble de 6 sous parcelles (PSN1 et PSN2) en respectant les seuils indiqués dans le tableau 1, les observations de chenilles de la capsule étant réalisées tous les 7 jours à partir du 30^{ème} jour après la levée et jusqu'au 114^{ème} jour après la levée.

Une alternative aux pyréthriinoïdes, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor[®], contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88[®], contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

3.2 dimensions des parcelles élémentaires

Chaque parcelle élémentaire comprenait 6 sous parcelles (dénommées A, B, C, D, E et F) chacune de 9 lignes de 8 mètres disposées en deux ensembles de 3 sous parcelles séparées d'une allée de 2 mètres. Lors de la réalisation d'une application insecticide sur une sous parcelle toutes ses lignes étaient protégées.

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire, toutes les pratiques culturales (date de semis, densité de plantation, entretien contre l'enherbement et fertilisation minérale) ont été celles recommandées au Développement à savoir : un semis le 17 juin avec la variété STAM 59 A, une densité de plantation de 8,3 plants/m² (0,8 mètre entre les lignes, 0,3 mètre entre les poquets et démariage à 2 plants/poquet), 4 sarclages manuels réalisés aux 21^{ième}, 42^{ième}, 51^{ième} et 56^{ième} JAL, un apport de 200 kg/ha d'engrais complet au 21^{ième} JAL et de 50 kg/ha d'urée au 41^{ième} JAL et un buttage au 56^{ième} JAL (la levée ayant eut lieu 2 jours après le semis). Toutefois compte tenu de la faible fertilité des sols de Farako 10 tonnes de fumier ont été apportés par hectare avant le labour.

3.4 observations

3.4.1 chenilles carpophages

A partir 30^{ième} jour après la levée et jusqu'au 114^{ième} jour après la levée, les chenilles de la capsule (en distinguant les espèces) ont été dénombrées une fois par semaine sur 25 plants dans chaque sous parcelle au niveau des 5 lignes centrales.

3.4.2 examen de la production à l'échelle de plants¹³

Un tronçon de 4,5 mètres a été délimité sur une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire après l'ouverture de toutes les capsules. Pour chaque plant présent sur chaque tronçon on n'a observé que les premières positions de branches fructifères. Pour chaque position présente on a indiquera par C si elle était occupée par une capsule entièrement saine, par P si elle était occupée par un autre organe fructifère (bouton, fleur, capsule partiellement saine, capsule pourrie ou capsule momifiée sans précision) et par O si aucun organe fructifère n'était porté.

3.4.3 rendement et stand à la récolte

Le coton graine produit sur les 5 lignes centrales de chaque sous parcelle de chaque parcelle a été ensuite récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

¹³ Des études conduites en 2008 et en 2009 avec la variété STAM 59 A ont montré que cet examen simplifié de la production à l'échelle de plant rendait parfaitement compte de certaines caractéristiques de la production à l'échelle de plants entiers : taux de capsules entièrement saines, nombre de capsules entièrement saines et taux de rétention des organes fructifères

3.4 analyse des résultats

Les résultats de toutes les observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de leur indépendance vis-à-vis des facteurs étudiés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance. Enfin pour chaque analyse de variance la signification de trois contrastes a été appréciée (Tableau 2) : le premier contraste opposait la protection calendaire (PV) aux protections sur seuil (moyenne des modalités PS, PSN1 et PSN2), le second opposait la modalité PS à la moyenne des modalités PSN1 et PSN2 pour évaluer l'intérêt de changer d'échelle de décision et le dernier contraste opposait PSN1 et PSN2 pour évaluer intérêts respectifs de deux règles si on changeait d'échelle de décision.

Tableau 2 : coefficients des différents contrastes utilisés

programmes	contrastes		
	1	2	3
PV	3	0	0
PS	-1	2	0
PSN1	-1	-1	1
PSN2	-1	-1	-1

4 Résultats

A l'exception du début de campagne avec de faibles infestations (avant le 65^{ième} JAL), le complexe des chenilles de la capsule a été dominé simultanément par *Earias spp* et *H. armigera* (Figure 1). Ainsi sur l'ensemble de la campagne *Earias spp* a représenté 50,3 % des chenilles dénombrées, *H. armigera* 45,1 % des chenilles dénombrées et *D. watersi* 4,6 % des chenilles dénombrées. Les infestations n'ont présenté qu'un seul pic au 79-86^{ième} JAL d'un niveau relativement élevé (Figure 2). Toutefois les premières interventions sur seuil contre ces ravageurs eurent lieu au 72^{ième} JAL, les dernières au 100^{ième} JAL et la plupart aux 86 et 93^{ième} JAL (Figure 2).

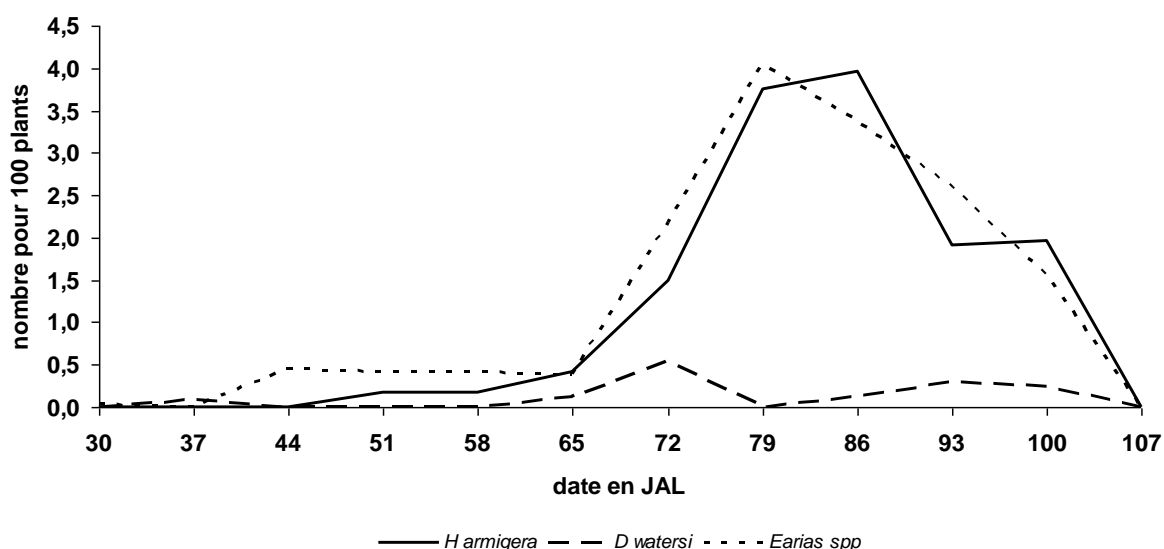


Figure 1 : évolution des infestations de chenilles de la capsule par espèce

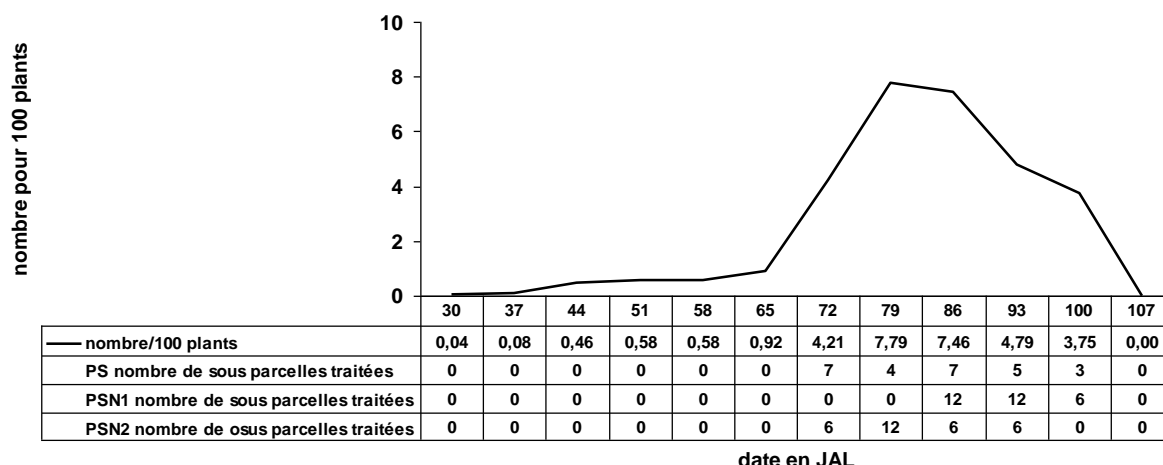


Figure 2 : évolution des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) et interventions sur seuil

On note des différences entre les programmes pour les dates de réalisation des interventions sur seuil (Figure 2). Ces interventions sur seuil démarrèrent plus tard avec le programme PSN1 et s'arrêtèrent plus tôt avec le programme PSN2.

En moyenne 80,0 % d'insecticides ont été économisés grâce à des interventions sur seuil par rapport à des interventions calendaires (Tableau 3). Le changement d'échelle de décision (ensemble de sous parcelle plutôt que sous parcelle) ne conduit pas à augmenter significativement le nombre d'interventions sur seuil et les deux règles mises en œuvre avec ce changement d'échelle ont conduit au même nombre d'interventions sur seuil même si elles ne furent pas réalisées aux mêmes moments (Tableau 3).

Tableau 3 : effets des programmes sur les nombres d'interventions insecticides et sur le contrôle des chenilles de la capsule

	nombre de traitements/ha	nombre/100 plants par observation			
		H. armigera	D. watersi	Earias spp	cumul
PV	6,00 b	0,00 a	0,00	0,04 a	0,04 a
PS	1,08 a	1,46 bc	0,18	1,69 c	3,33 c
PSN1	1,25 a	2,15 c	0,19	2,44 d	4,79 d
PSN2	1,25 a	1,00 b	0,10	0,96 b	2,06 b
F programme	434,20	18,37	3,38	28,78	33,84
signification en %	0,0	0,3	9,6	0,1	0,1
contrastes					
PV	6,0 b	0,00 a	0,00 a	0,04 a	0,04 a
moyenne PS, PSN1 et PSN2	1,2 a	1,54 b	0,16 b	1,70 b	3,39 b
F contraste 1	1301,21	39,94	7,81	56,21	70,26
signification en %	0,0	0,1	3,1	0,0	0,0
PS	1,1	1,46	0,18	1,69	3,33
moyenne PSN1 et PSN2	1,3	1,58	0,15	1,70	3,42
F contraste 2	1,39	0,21	0,34	0,00	0,05
signification en %	28,3	66,5	58,7	97,6	83,2
PSN1	1,3	2,15 b	0,19	2,44 b	4,79 b
PSN2	1,3	1,00 a	0,10	0,96 a	2,06 a
F contraste 3	0,00	14,98	1,99	30,13	31,21
signification en %	100,0	0,9	20,7	0,2	0,2
CV en %	9,6	36,5	82,7	29,8	27,1

Le plus grand nombre d'interventions insecticides avec le programme d'interventions calendaires a conduit au meilleur contrôle des chenilles de la capsule quelle que soit l'espèce et donc pour le cumul des espèces (Tableau 3). Le changement d'échelle de prise de décision (ensemble de sous parcelle plutôt que sous parcelle) peut conduire en fonction de la règle de décision qui lui est associée à un meilleur ou à un moins bon contrôle des chenilles de la capsule (Tableau 3). Le meilleur contrôle des chenilles de la capsule après celui procuré par des interventions calendaires est procuré par un changement d'échelle de décision et une règle reposant sur 50 % des sous parcelles ayant atteint le seuil. Le moins bon contrôle des chenilles de la capsule est obtenu en changeant d'échelle et en intervenant sur la base de l'infestation moyenne des sous parcelles. Ces résultats sont à mettre en relation avec le positionnement des interventions sur seuil par rapport à la dynamique des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues). En effet, en permettant de réaliser des interventions sur seuil plus nombreuses au début du pic d'infestation le programme PSN2 a limité les infestations rencontrées par la suite (Figure 3). A l'inverse, avec le programme d'interventions PSN1 on intervient probablement trop tard.

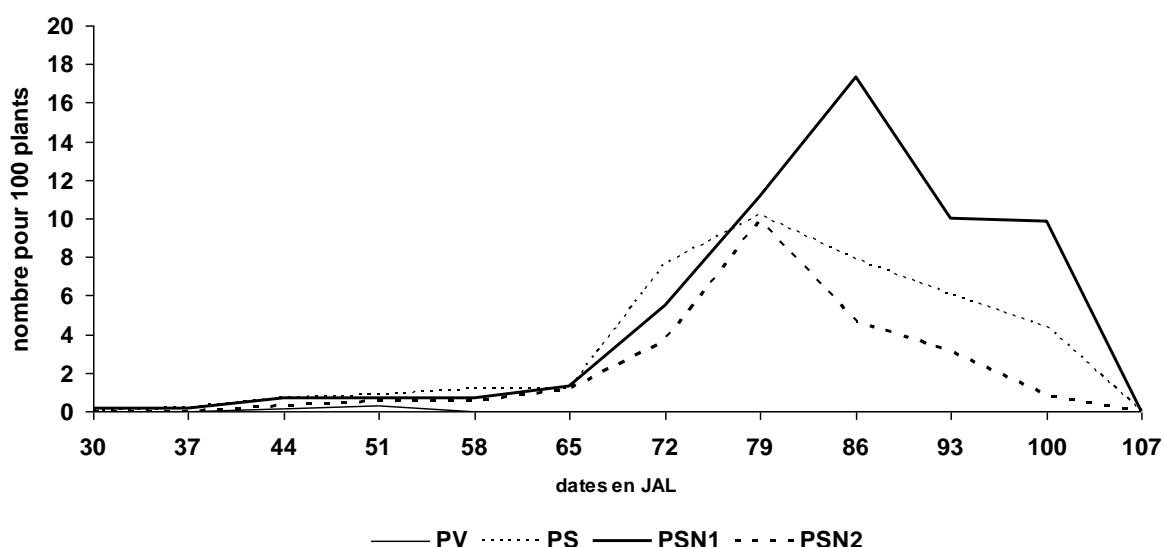


Figure 3 : dynamique des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) en fonction des programmes de protection

A partir de l'examen de l'ensemble des premières positions de branches fructifères on s'aperçoit que le nombre de branches fructifères par plant est significativement plus faible avec des interventions calendaires qu'avec des interventions sur seuil (Tableau 4). Ce résultat peut être la conséquence de phénomènes de compensation du cotonnier à la suite d'infestations moins bien contrôlées par des interventions sur seuil quelle que soit l'échelle de prise de décision et la règle utilisée. Par contre ce moins bon contrôle ne se manifeste pas par des taux plus faibles de rétention des organes fructifères, des taux plus faibles de capsules entièrement saines et par voie de conséquence des nombres plus faibles de capsules entièrement saines par plant (Tableau 4). Lorsque l'on examine les organes fructifères produits en première position de branche fructifère par semaine depuis le début du cycle fructifère on ne note aucune différence entre les programmes de protection pour les taux de rétention et les taux de capsules entièrement saines (Tableau 5). Toutefois il faut souligner que les taux de rétention sont extrêmement faibles même pour les premiers organes fructifères produits puisqu'ils sont en moyenne inférieurs à 50 % (Tableau 5). Enfin conséquence probable de l'absence de différence entre les programmes de protection pour les taux de rétention et les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits en première position de branche fructifère au cours des semaines successives du cycle fructifère, aucune différence entre programmes de protection n'est observée dans l'élaboration de la production au niveau des premières positions des branches fructifères (Tableau 6).

Tableau 4 : effets des programmes de protection sur les caractéristiques productives des plants examinées à la récolte

	nombre de branches fructifères par plants	premières positions de branches fructifères taux global de rétention des organes fructifères (en %)	capsules entièrement saines taux global (en %)	nombre par plant
PV	12,1	38,3	83,8	3,7
PS	12,8	37,1	81,2	3,8
PSN1	12,9	39,0	81,0	4,0
PSN2	12,5	38,0	75,3	3,4
F programme	2,69	0,79	0,24	0,44
signification en %	14,0	54,5	86,7	73,7
contrastes				
PV	12,1 b	38,3	83,8	3,7
moyenne PS, PSN1 et PSN2	12,7 a	38,0	79,2	3,7
F contraste 1	6,02	0,07	0,32	0,02
signification en %	4,9	79,4	59,8	90,2
PS	12,8	37,1	81,2	3,8
moyenne PSN1 et PSN2	12,7	38,5	78,2	3,7
F contraste 2	0,18	1,69	0,11	0,02
signification en %	68,6	24,1	74,5	88,0
PSN1	12,9	39,0	81,0	4,0
PSN2	12,5	38,0	75,3	3,4
F contraste 3	1,86	0,60	0,29	1,27
signification en %	22,1	47,2	61,6	30,4
CV en %	3,6	2,7	16,3	19,1
transformation		arcsin√p	arcsin√p	

Tableau 5 : effets des programmes de protection sur les taux de rétention et les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des premières semaines du cycle fructifère

[illegible]

Tableau 6 : effets des programmes de protection sur l'élaboration de la production de capsules entièrement saines en première position de branche fructifère

semaine	contribution en % de semaines de production d'organes fructifères à la production totale de capsules entièrement saines en première position de branche fructifère					
	1 ^{ère}	1 ^{ère} et 2 ^{ème}	1 ^{ère} à 3 ^{ème}	1 ^{ère} à 4 ^{ème}	1 ^{ère} à 5 ^{ème}	1 ^{ère} à 6 ^{ème}
PV	25,0	64,0	89,1	97,3	99,5	100,0
PS	25,0	64,3	88,7	96,6	99,2	99,8
PSN1	25,4	65,5	89,4	97,6	99,6	99,9
PSN2	26,1	66,2	90,9	97,7	99,9	100,0
F programme	0,16	0,26	0,55	0,63	2,07	4,66
signification en %	92,1	85,1	66,7	62,2	20,6	5,3
contrastes						
PV	25,0	64,0	89,1	97,3	99,5	100,0
moyenne PS, PSN1 et PSN2	25,5	65,3	89,7	97,3	99,6	99,9
F contraste 1	0,11	0,35	0,14	0,01	0,12	2,07
signification en %	74,5	58,2	71,6	91,7	73,4	19,9
PS	25,0	64,3	88,7	96,6	99,2	99,8
moyenne PSN1 et PSN2	25,8	65,8	90,2	97,7	99,7	100,0
F contraste 2	0,22	0,38	0,85	1,89	4,42	9,80
signification en %	65,7	56,6	39,4	21,7	7,9	2,0
PSN1	25,4	65,5	89,4	97,6	99,6	99,9
PSN2	26,1	66,2	90,9	97,7	99,9	100,0
F contraste 3	0,14	0,06	0,66	0,00	1,65	2,11
signification en %	72,2	81,0	45,2	96,3	24,6	19,5
CV en %	6,0	4,5	3,5	2,6	1,9	1,0
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Sans différence significative dans les caractéristiques de la production à l'échelle de plant et sans différence dans les stands à la récolte (Tableau 7), les programmes de protection ne diffèrent pas statistiquement en production de coton-graine (Tableau 7). Alors avec un prix d'achat de 185 F CFA/kg de coton graine et un coût de 6 041 F CFA/ha pour une application insecticide¹⁴, les programmes d'interventions sur seuil non différents entre eux sont apparus significativement plus rentables que le programme d'interventions calendaires (Tableau 7).

Tableau 7 : effets des programmes de protection sur les stands à la récolte, les rendements en coton-graine et les marges après déduction des coûts de protection foliaire

¹⁴ Pour la campagne 2010 le coût de 6 041 F CFA/ha pour une intervention insecticide était décomposé en 4 566 F CFA d'achat d'insecticide (à crédit), 900 F CFA de coût des piles pour une application, 150 F CFA le coût de la main d'œuvre pour la réalisation d'une application et 425 F CFA le coût de l'amortissement et de l'entretien de l'appareil de traitement par application

	densité en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
PV	4,1	1353	214 034 b
PS	4,1	1367	246 265 a
PSN1	3,9	1316	235 864 a
PSN2	4,4	1362	244 415 a
F programme	1,08	0,73	9,77
signification en %	42,8	57,4	1,1
PV	4,1	1353	214 034 b
moyenne PS, PSN1 et PSN2	4,1	1348	242 181 a
F contraste 1	0,01	0,02	26,55
signification en %	91,6	87,8	0,2
PS	4,1	1367	246 265
moyenne PSN1 et PSN2	4,2	1339	240 139
F contraste 2	0,17	0,70	1,12
signification en %	69,6	43,9	33,3
PSN1	3,9	1316	235 863
PSN2	4,4	1362	244 415
F contraste 3	3,05	1,46	1,63
signification en %	12,9	27,2	24,8
CV en %	8,9	4,0	0,0

5 Conclusions et discussion

Les résultats de cette étude montrent que des décisions collectives ne conduisent pas à un plus grand nombre d'interventions sur seuil que des décisions individuelles mais qu'en termes d'efficacité les décisions collectives peuvent être plus ou moins efficaces en fonction de la règle choisie. Si la règle de décision repose sur l'atteinte du seuil au niveau de la moitié des sous parcelles, les interventions insecticides étant réalisées au début du pic d'infestations en chenilles de la capsule sont alors plus efficaces. Ces résultats rejoignent partiellement ceux présentés dans la littérature et issus de modèle dans la mesure où, au niveau de cette étude, le nombre d'interventions sur seuil n'a pas été réduit avec des décisions collectives. Il reste néanmoins qu'il faille rechercher une explication au fait qu'avec la règle reposant la moitié des sous parcelles ayant atteint le seuil on intervient par des applications chimiques 14 jours plus tôt qu'avec une règle reposant sur la moyenne des infestations des sous parcelles.

On peut reprocher à l'étude que nous avons conduite de ne pas refléter ce que l'on observe en milieu producteur à savoir : des parcelles cotonnières de tailles beaucoup plus importantes agencées dans une mosaïque discontinue d'autres parcelles emblavées avec d'autres plantes cultivées. Cependant elle montre que l'échelle de la prise de décision pour des interventions sur seuil doit être une préoccupation réelle.

Par ailleurs les décisions prises par les producteurs reposent sur l'observation des infestations de chenilles de la capsule au niveau de 25 plants par parcelle, cette dernière pouvant atteindre 4 ha. Devant la faiblesse de cet échantillonnage et dans la mesure où on peut simplifier l'observation de ces infestations au niveau d'un échantillon (arrêt dès qu'une chenille est rencontrée ou % de plants infestés ou % de plants avec des dégâts), on pourrait envisager qu'au niveau d'une parcelle plusieurs échantillons de plants soient observés et que la décision de réaliser une intervention insecticide sur cette parcelle soit prise lorsque 50 % de ces échantillons ont atteint le seuil.

En rappelant l'intérêt économique des interventions sur seuil, cette étude montre qu'il est important d'intervenir au début des pics d'infestations de chenilles de la capsule pour avoir par la suite une bonne maîtrise de ces ravageurs.

Enfin, cette étude révèle une nouvelle fois la faiblesse des taux de rétention des premiers organes fructifères apparus qui est indépendante du type de protection foliaire adopté donc indépendante du contrôle des chenilles de la capsule. Cette faiblesse des taux de rétention des premiers organes fructifères apparus peut alors avoir plusieurs origines : biologique (ravageurs non pris en compte dans cette étude), environnementale (conditions pédo-climatiques) ou variétale. Il est important et même urgent d'identifier l'origine de ces faibles taux de rétention des premiers organes fructifères apparus car ils compromettent certainement les potentialités des cultures.

Malgré le reproche de n'être pas le reflet exact de ce que l'on observe dans les terroirs villageois, cette étude, peut être en améliorant le dispositif, mérite d'être reconduite pour en confirmer les résultats et les conclusions en termes d'échelle de prise de décision et de règle de décision associée. Mais, on devrait probablement aborder cette thématique de l'échelle de la prise de décision associée à des règles particulières pour des interventions sur seuil en milieu producteur.

On pourrait alors envisager qu'au niveau d'un village où les producteurs appliquent déjà un programme d'interventions sur seuil, au sein de chaque parcelle cotonnière une placette de taille suffisante soit délimitée. Pour les interventions sur seuil au sein de ces placettes on appliquerait alors une décision collective reposant l'atteinte par 50 % des parcelles du seuil habituel utilisé pour lutter contre les chenilles de la capsule. Les résultats obtenus au niveau de chaque placette sur les plans biologique, environnemental, productif et économique seraient alors comparés à ceux obtenus sur une placette de mêmes dimensions recevant les pratiques de protection des producteurs. Ce dispositif qui ne permettrait toutefois de tester qu'une seule règle associée à un changement d'échelle de prise de décision pourrait être étendu à plusieurs villages afin de conforter les résultats.

Par ailleurs dans un autre type d'étude, il pourrait être intéressant, au niveau de parcelles protégées par des interventions sur seuil en milieu producteur, d'examiner les bénéfices que pourrait procurer une décision reposant l'observation de plusieurs échantillons de plants au lieu d'un seul échantillon de 25 plants. Ce nouveau type de décision pourrait être le suivant : on réalise une intervention sur seuil si sur 50 % des échantillons de plants on atteint le seuil habituel utilisé pour lutter contre les chenilles de la capsule. Mais il conviendra d'associer ce nouveau type de décision à une simplification des observations : % de plants infestés, seuil présence/absence ou % de plants avec des dégâts de chenilles de la capsule. L'évaluation de ce nouveau type de décision devra alors prendre en compte l'augmentation du temps consacré aux observations.

INTERET D'UN TRAITEMENT DE SEMENCES EN FONCTION DES PROGRAMMES DE PROTECTION

1 Justification

Dans une étude récapitulative des résultats des expérimentations de la campagne 2009 à Farako, les taux de rétention des premiers organes fructifères (ceux de deux premières semaines du cycle fructifère) ont à peine dépassé 50 % quel que soit le type de programme de protection suivi (traitements calendaires ou interventions sur seuil). Il est important d'améliorer cette performance en raison du rôle joué par les premiers organes fructifères apparus dans la production finale d'une parcelle. Cette faible performance peut avoir plusieurs origines qu'il importe de bien connaître pour y remédier.

2 Objectifs

Les principaux Objectifs de cette étude ont été :

- d'examiner si causes phytosanitaires étaient à l'origine des faibles taux de rétention des premiers organes fructifères apparus
- d'évaluer l'intérêt d'un traitement de semences avec un insecticide systémique en fonction du programme de protection suivi en cours de campagne

3 Matériels et méthodes

3.1 *modalités étudiées et dispositif statistique*

Deux facteurs ont été étudiés dans un dispositif factoriel à 6 répétitions. Le premier facteur était relatif à la protection phytosanitaire en cours de campagne et comprenait deux niveaux (Tableau 1). Le second facteur était relatif à la protection des semences et comprenait également deux niveaux (Tableau 2)

Tableau 1 : protection en cours de campagne

programme de protection	
PV	interventions calendaires
PS	interventions sur seuil

Tableau 2 : modalités de protection des semences

protection des semences	
A	non
B	oui

Le programme d'interventions calendaires (PV) a reposé sur six applications insecticides réalisées tous les 14 jours à partir du 45^{ième} jour après la levée (JAL). Le programme d'interventions sur seuil a reposé sur des applications insecticides décidées par parcelle élémentaire si les infestations de chenilles de la capsule y atteignaient 5 chenilles / 25 plants.

Une alternative aux pyréthriinoïdes, autre que l'endosulfan, a été utilisée pour les applications insecticides jusqu'au 72^{ième} JAL : Tenor[®], contenant 500 g de profénofos par litre, employé à 1 litre/ha. Par la suite une association cyperméthrine – acétaméprid fut utilisée : Conquest 88[®], contenant par litre 72 et 16 g grammes de chacune de ces deux matières actives, employé à 0,5 litre/ha. Les applications insecticides ont été faites suivant la technique TBV à 10 litres/ha.

Le traitement des semences a été effectué avec le CALTHIO I 350 FS® (thiram – imidacloprid 100 – 250 g/l) à raison de 6 ml/kg de semences additionné d'un fixateur (SLI Cofix®) et de craie.

3.2 parcelle élémentaire

La parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 10 mètres mais seules les 6 lignes centrales ont été concernées par les applications insecticides en cours de campagne. Toutes les lignes des parcelles concernées par l'application d'un traitement de semences ont été semées avec des graines traitées.

3.3 conduite de la culture cotonnière

En dehors de la protection phytosanitaire, toutes les pratiques culturales (date de semis, densité de plantation, entretien contre l'enherbement et fertilisation minérale) ont été celles recommandées au Développement à savoir : un semis le 17 juin avec la variété STAM 59 A (avec une levée deux jours plus tard), une densité de plantation de 8,3 plants/m² (0,8 mètre entre les lignes, 0,3 mètre entre les poquets et démariage à 2 plants/poquet), 4 sarclages manuels réalisés aux 21^{ème}, 42^{ème}, 51^{ème} et 56^{ème} JAL, 200 kg/ha d'engrais complet apportés au 21^{ème} JAL, 50 kg/ha d'urée apportés au 41^{ème} JAL et un buttage au 57^{ème} JAL. Toutefois compte tenu de la faible fertilité des sols de Farako 10 tonnes de fumier ont été apportés par hectare avant le labour.

3.4 observations

3.4.1 observations sur les insectes piqueurs suceurs

Ces observations hebdomadaires ont été conduites du 30^{ème} au 65^{ème} JAL. Elles ont été réalisées sur 10 cotonniers par parcelle élémentaire et ont concerné uniquement la cime des cotonniers (de la 1^{ère} à la 5^{ème} feuille terminale la plus développée au sommet du plant). Au niveau de chaque cime on a dénombré les feuilles hébergeant des pucerons, on a relevé les jassides et les aleurodes adultes par feuille et on a attribué à chaque feuille une cotation des dégâts infligés par des mirides (échelle de Coacker). Les enregistrements ont été faits cotonnier par cotonnier. Les feuilles ont été numérotées de 1 (la plus petite) à 5 (la plus grande).

3.4.2 dénombrement des chenilles de la capsule

A partir 30^{ème} jour après la levée et jusqu'au 114^{ème} jour après la levée, les chenilles de la capsule (en distinguant les espèces) ont été dénombrées une fois par semaine sur 25 plants dans toutes les parcelles.

3.4.3 examen de la production à l'échelle de plants¹⁵

Un tronçon de 4,5 mètres a été délimité sur une ligne au centre de chaque parcelle élémentaire après l'ouverture de toutes les capsules. Pour chaque plant présent sur chaque tronçon on n'a observé que les premières positions de branches fructifères. Pour chaque position présente on a indiqué par C si elle était occupée par une capsule entièrement saine, par P si elle était occupée par un autre organe fructifère (bouton, fleur, capsule partiellement

¹⁵ Des études conduites en 2008 et en 2009 avec la variété STAM 59 A ont montré que cet examen simplifié de la production à l'échelle de plant rendait parfaitement compte de certaines caractéristiques de la production à l'échelle de plants entiers : taux de capsules entièrement saines, nombre de capsules entièrement saines et taux de rétention des organes fructifères

saine, capsule pourrie ou capsule momifiée sans précision) et par O si aucun organe fructifère n'était porté.

3.4.4 rendement et stand à la récolte

Le coton graine produit sur les 4 lignes centrales de chaque parcelle a ensuite été récolté puis pesé. Parallèlement le nombre de plants présents sur ces lignes a été relevé.

3.5 analyse des résultats

Les résultats de toutes les observations ont été analysés en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft (89 rue du Gouverneur Felix Eboué, Issy les Moulineaux Cedex, France) et le test de Newman Keuls à 5% fut choisi pour la comparaison des moyennes. Pour chaque observation, en fonction de la valeur des résidus, de leur distribution et de l'indépendance de leur variance vis-à-vis des niveaux des facteurs étudiés ou contrôlés, des transformations furent parfois nécessaires avant d'entreprendre les analyses de variance. L'absence d'interaction entre les traitements étudiés et les blocs a été chaque fois vérifiée.

4 Résultats

Les infestations d'insectes piqueurs suceurs ont été très faibles en début de campagne comme le montre la Figure 1. Le taux de feuilles présentant des dégâts de mirides n'a jamais dépassé 16 % et le grade moyen de dégât par feuille 0,05. Le taux de feuilles infestées par des jassides est resté inférieur à 8 % et les populations moyennes de jassides par feuille inférieures à 0,04. Il en est de même des aleurodes adultes avec un taux de feuilles infestées inférieur à 8 % et des populations moyennes par feuille inférieures à 0,03. Enfin, si le taux de plants infestés par des pucerons a pu atteindre 30 %, le taux de feuilles infestées par ces ravageurs n'a jamais franchi 14 %. Enfin sur la base de taux de feuilles infestées ou présentant des dégâts on ne note pas de différence entre les ravageurs dans les évolutions de leurs infestations (Figure 1).

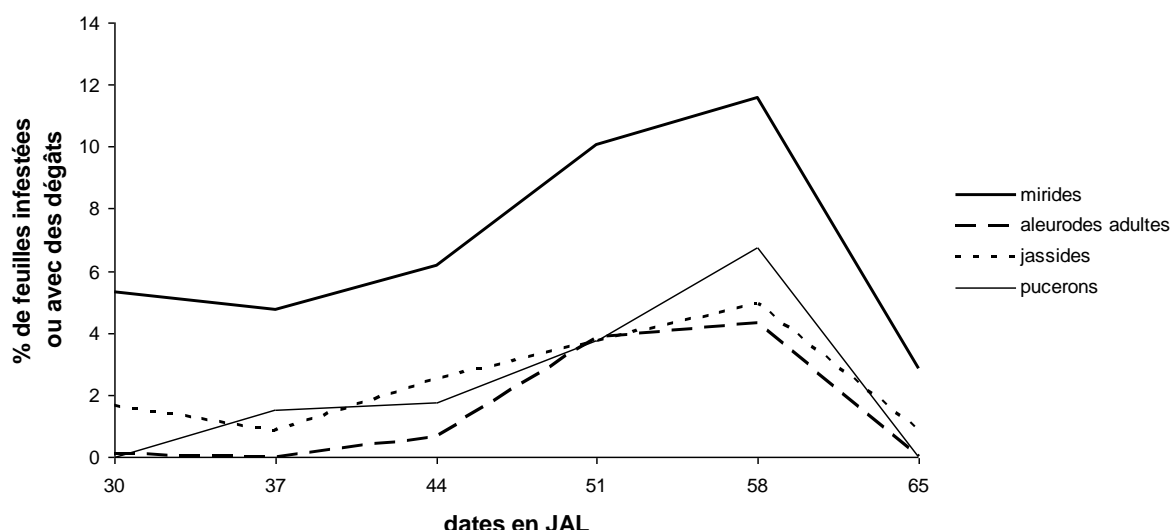


Figure 1 : évolution des infestations des principaux insectes piqueurs suceurs

Compte tenu de ces faibles infestations aucun effet significatif du traitement de semences n'est apparu en analysant les moyennes des observations par date d'observation quel que soit le critère utilisé (Tableaux 3 et 4). Cependant à $p < 0,10$, le taux de feuilles infestées par

des pucerons est plus faible lorsqu'un traitement de semences a été réalisé. Aucune interaction significative n'est apparue entre les facteurs étudiés : programme de protection foliaire et traitement des semences (Tableaux 3 et 4).

Tableau 3 : effet des facteurs étudiés sur les infestations d'insectes piqueurs suceurs

	nombre/feuille/observation		dégât de mirides
	jassides	aleurodes	grade/feuille/observation
PV	0,04	0,03	0,05
PS	0,04	0,03	0,05
F programme	0,57	0,30	0,01
signification en %	46,9	59,9	90,3
semences non traitées	0,04	0,03	0,05
semences traitées	0,04	0,03	0,06
F traitement de semences	0,23	0,30	1,75
signification en %	64,2	59,9	20,4
F interaction	1,38	0,15	0,02
signification en %	25,8	70,5	90,0
CV en %	23,6	33,2	20,9

Tableau 4 : effets des facteurs étudiés sur les infestations d'insectes piqueurs suceurs

	% de feuilles infestées ou avec dégâts/observation				pucerons % de plants infestés/observation
	pucerons	jassides	aleurodes	mirides	
PV	2,33	2,30	1,50	6,68	6,99
PS	2,11	2,50	1,41	6,78	7,22
F programme	0,59	1,21	0,18	0,03	0,08
signification en %	46,0	29,0	67,7	85,5	77,6
semences non traitées	2,49	2,47	1,40	6,49	7,56
semences traitées	1,96	2,32	1,51	6,98	6,67
F traitement de semences	3,15	0,72	0,28	0,86	1,24
signification en %	9,3	41,4	61,0	37,3	28,2
F interaction	0,08	1,50	0,94	2,21	0,54
signification en %	77,2	23,8	35,0	15,5	48,0
CV en %	16,5	9,5	17,2	10,0	14,1
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Les infestations de chenilles de la capsule ont presque toujours été dominées par *Earias* spp et ensuite par *H. armigera* (Figure 2). Sur l'ensemble de la campagne *Earias* spp représentait 59,0 % des chenilles dénombrées, *H. armigera* 35,0% de chenilles dénombrées et *D. watersi* 6,0 % des chenilles dénombrées. Les évolutions des infestations des différentes espèces sont relativement comparables avec trois pics d'infestations sauf pour *D. watersi* totalement absent avant le 72^{ième} JAL (Figure 2). Les infestations cumulées de chenilles de la capsule ont été relativement faibles au cours de la campagne puisqu'elles ont à peine dépassé le niveau de 3 chenilles pour 100 plants au moment du deuxième pic d'infestation qui fut le plus élevé (Figure 3). En conséquence les interventions sur seuil furent très peu nombreuses (Figure 3) : aucune intervention sur seuil ne fut réalisée avant le 72^{ième} JAL et les seules interventions sur seuil furent réalisées au moment des deux derniers pics d'infestation.

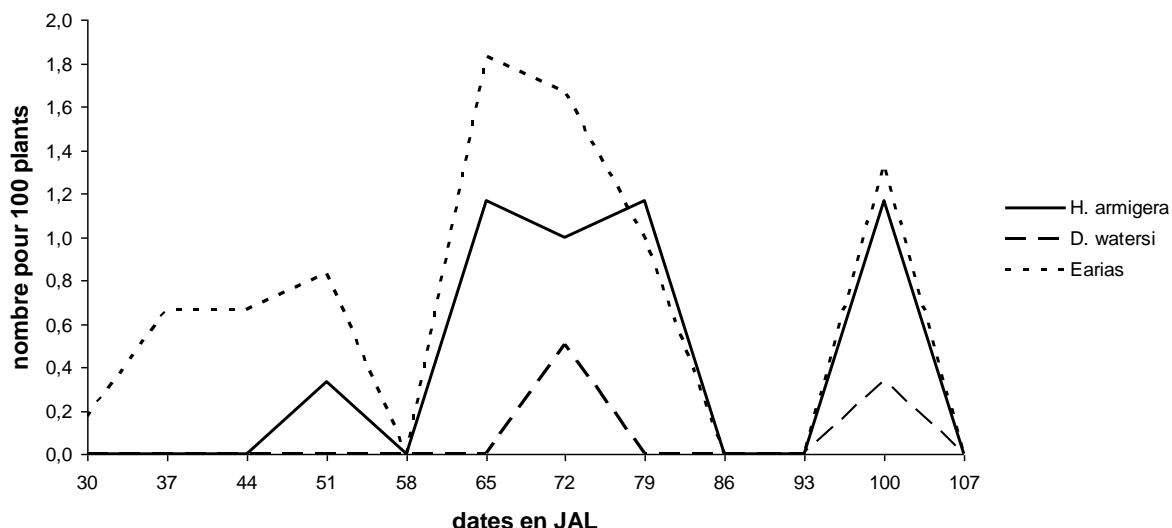


Figure 2 : évolution des infestations de chenilles de la capsule par espèce

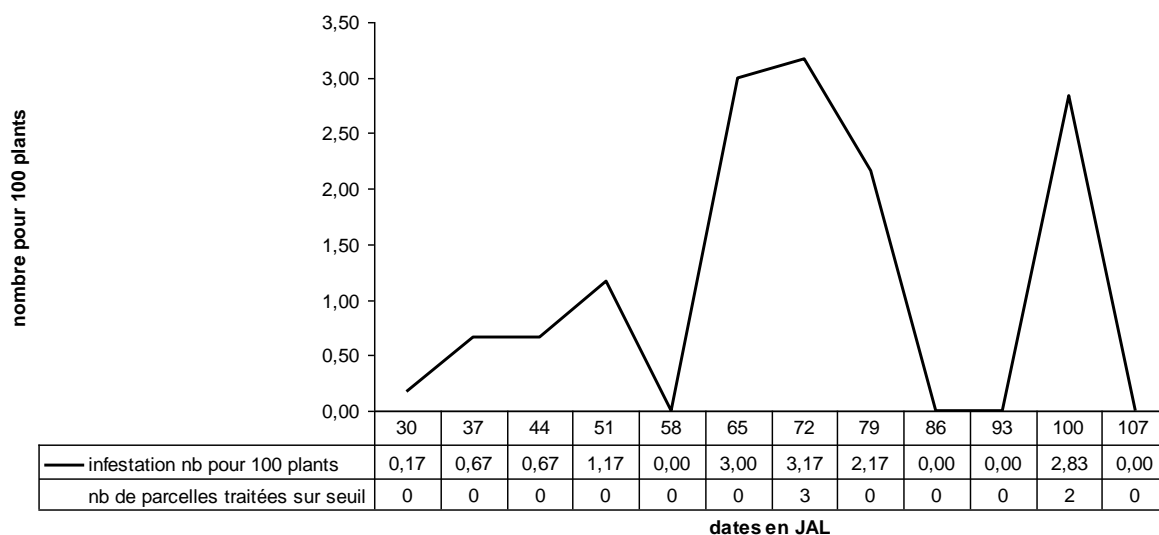


Figure 3 : évolution des infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues) et interventions sur seuil

Les seuls effets significatifs observés concernent le premier facteur de cette étude à savoir la protection foliaire du cotonnier (Tableau 5). La réalisation d'un traitement des semences n'a donc eu aucune répercussion sur les infestations moyennes en chenilles de la capsule observées sur l'ensemble de la campagne. Il n'y a de même aucun effet du traitement de semences sur les infestations moyennes (toutes espèces confondues) observées avant le 65^{ème} JAL ($F = 0,33$ $p > 0,10$) alors que l'effet de la protection foliaire est déjà hautement significatif avec une seule application calendaire ($F = 10,15$ $p < 0,01$). Sur l'ensemble de la campagne le programme d'interventions sur seuil permet d'économiser 93 % d'insecticides par rapport au programme d'interventions calendaires mais procure un moins bon contrôle des infestations de chenilles de la capsule, exception faite de celles de *D. watersi*, espèce pour laquelle une signification même à $p < 0,10$ n'est pas observée (Tableau 5). Que l'on considère la période avant le 65^{ème} JAL ou l'ensemble de la campagne l'interaction entre les facteurs étudiés n'est jamais significative pour les infestations de chenilles de la capsule (toutes espèces confondues).

Tableau 5 : effet des facteurs étudiés sur le nombre d'interventions insecticides et les infestations de chenilles de la capsule

	nb de traitements	nombre pour 100 plants/observation			
	par ha	H. armigera	D. watersi	Earias spp	cumul
PV	6,00 b	0,00 a	0,00	0,06 a	0,06 a
PS	0,42 a	0,81 b	0,14	1,31 b	2,25 b
F programme	1320,29	55,57	2,78	41,10	52,74
signification en %	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0
semences non traitées	3,25	0,44	0,06	0,69	1,19
semences traitées	3,17	0,36	0,08	0,67	1,11
F traitement de semences	0,29	0,60	0,11	0,02	0,08
signification en %	60,1	45,8	74,2	88,4	78,2
F interaction	0,29	0,60	0,11	0,02	0,08
signification en %	60,1	45,8	74,2	88,4	78,2
CV en %	11,7	65,7	293,9	70,2	64,2

On ne note pas d'effet des facteurs étudiés ni d'interaction significative sur le nombre de branches fructifères par plant, le taux de rétention des organes fructifères en première position de branches fructifère, le taux de capsules entièrement saines sur les mêmes positions et le nombre par plant de capsules entièrement saines pour ces mêmes positions (Tableau 6).

Tableau 6 : effets des facteurs étudiés sur les caractéristiques productives des plants examinées à la récolte

	nombre de branches fructifères par plant	premières positions de branches fructifères taux de rétention en %	capsules entièrement saines	
			taux en %	nombre par plant
PV	12,9	40,6	82,8	4,5
PS	12,6	39,8	83,8	4,3
F programme	1,03	0,30	0,15	0,39
signification en %	32,9	59,7	70,3	54,7
semences non traitées	12,8	40,9	84,0	4,6
semences traitées	12,7	39,5	82,6	4,2
F traitement de semences	0,24	0,80	0,29	1,33
signification en %	63,8	38,9	60,2	26,7
F interaction	1,49	0,38	0,04	0,36
signification en %	24,0	55,2	83,1	56,4
CV en %	6,2	9,0	7,7	18,0
transformation		arcsin√p	arcsin√p	

En examinant les organes fructifères produits au cours de semaines successives du cycle fructifère aucun effet significatif des facteurs étudiés n'est observé au niveau de leur taux de rétention quelle que soit la semaine de production et l'interaction n'est également jamais significative (Tableau 7). Toutefois on ne peut s'empêcher de souligner qu'en moyenne le taux de rétention ne dépasse pas 60 % pour l'ensemble des deux premières semaines du cycle fructifère. Par contre il n'en est pas de même lorsque l'on examine le taux de capsules entièrement saines qu'ils ont produits (Tableau 8). Pour les organes produits au cours de la première semaine du cycle fructifère le taux de capsules entièrement saines est plus élevé avec des interventions sur seuil qu'avec des interventions calendaires, l'inverse étant

observé pour les organes fructifères produits au cours de la quatrième semaine du cycle fructifère (Tableau 8). Pour les organes fructifères produits au cours de la troisième semaine du cycle fructifère cette caractéristique (taux de capsules entièrement saines) est influencée significativement par les deux facteurs étudiés mais l'interaction entre les deux facteurs est significative (Tableau 8). Cette interaction montre alors que la différence entre programmes de protection foliaire n'est significative et en faveur des interventions calendaires que lorsque les semences ont été traitées : 94,6 % pour PV contre 75,4 % pour PS lorsque les semences ont été traitées et 92,6 % pour PV et 92,4 % pour PS si les semences n'ont pas été traitées.

Tableau 7 : effets des facteurs étudiés sur les taux de rétention des organes fructifères produits au cours des six premières semaines du cycle fructifère

taux de rétention des organes fructifères produits au cours des six premières semaines du cycle fructifère						
semaines	1 ^{ière}	2 ^{ième}	3 ^{ième}	4 ^{ième}	5 ^{ième}	6 ^{ième}
PV	58,8	62,0	43,7	24,5	16,9	15,7
PS	59,0	60,0	43,9	27,0	9,7	10,4
F programme	0,00	0,13	0,00	0,43	2,42	0,91
signification en %	97,1	72,1	96,1	53,0	13,8	35,7
semences non traitées	58,3	61,4	45,8	26,0	14,4	14,9
semences traitées	59,5	60,6	41,8	25,5	11,9	11,0
F traitement de semences	0,05	0,02	1,08	0,02	0,28	0,50
signification en %	82,8	88,1	31,6	90,1	60,9	49,5
F interaction	0,14	0,86	0,00	2,97	0,39	0,02
signification en %	71,1	37,3	94,8	10,2	54,7	87,3
CV en %	15,8	15,3	13,1	20,7	45,5	54,4
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Tableau 8 : effets des facteurs étudiés sur les taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des quatre premières semaines du cycle fructifère

taux de capsules entièrement saines des organes fructifères produits au cours des quatre premières semaines du cycle fructifère				
semaines	1 ^{ière}	2 ^{ième}	3 ^{ième}	4 ^{ième}
PV	84,9 b	91,8	93,6 a	92,4 a
PS	93,3 a	92,9	84,9 b	78,6 b
F programme	6,92	0,19	13,35	5,03
signification en %	1,8	67,0	0,2	3,9
semences non traitées	91,3	94,4	92,5 a	87,3
semences traitées	87,4	90,0	86,5 b	85,1
F traitement de semences	1,50	3,46	6,35	0,13
signification en %	23,9	8,0	2,3	72,7
F interaction	0,19	2,71	12,58	0,14
signification en %	67,4	11,7	0,3	71,2
CV en %	10,3	8,4	7,8	18,5
transformation	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p	arcsin√p

Aucun effet des facteurs étudiés n'est observé dans les stands à la récolte et les rendements en coton-graine (Tableau 9). Alors avec un prix d'achat de 185 F CFA/kg de coton graine et

un coût de 6 041 F CFA/ha pour une application insecticide¹⁶, le programme d'interventions sur seuil est apparu plus rentable que le programme d'interventions calendaire (Tableau 9).

Tableau 9 : effets des facteurs étudiés sur les stands à la récolte, les rendements en coton-graine et les marges après déduction des coûts de protection foliaire

	densité en plants/m ²	rendement en kg/ha	marge en F CFA/ha
PV	3,7	1380	219 093 b
PS	3,5	1348	246 799 a
F programme	1,60	1,37	32,31
signification en %	22,3	25,9	0,0
semences non traitées	3,5	1363	232 574
semences traitées	3,7	1365	233 318
F traitement de semences	1,38	0,00	0,02
signification en %	25,7	96,2	87,5
F interaction	0,41	0,63	0,89
signification en %	53,8	44,4	36,3
CV en %	11,8	5,00	5,1

5 Conclusions et discussion

Plus en raison des faibles infestations en insectes piqueurs suceurs en début de campagne que d'une faible efficacité de la quantité utilisée en produit de traitement de semences, aucun effet significatif n'est apparue en faveur de cette pratique qui, de sorte, n'est pas apparue rentable au cours de cette campagne quel que soit le type de programme de protection foliaire pratiqué. Les mêmes résultats avaient déjà été obtenus en 2003 avec la même variété (STAM 59 A) mais une autre matière active insecticide (le thiamétoxam) en traitement de semences.

Si les taux de rétention des premiers organes fructifères apparus sont supérieurs à ceux de l'année précédente, ils restent néanmoins faibles (en moyenne inférieurs à 60 %). Cette faiblesse des taux de rétention des premiers organes fructifères apparus n'a probablement pas une origine phytosanitaire puisque les infestations d'insectes piqueurs suceurs ont été très faibles en début de campagne expliquant qu'aucun effet positif du traitement de semences ne soit apparu sur cette caractéristique. Cette faiblesse des taux de rétention des premiers organes fructifères est donc due à d'autres causes : le choix du site d'implantation de l'étude (conditions pédo-climatiques, bien qu'entre les deux années, 2009 et 2010, ces conditions n'ont probablement pas été rigoureusement identiques) et/ou le cultivar utilisé (ce fut la variété STAM 59 A au cours des deux années).

Des études plus simples (avec probablement un seul facteur la protection des semences et deux modalités : semences non traitées et semences traitées) mériteraient d'être conduites sur plusieurs sites de la zone cotonnière avec probablement plusieurs dates de semis pour étudier la rentabilité d'un traitement de semences avec un insecticide systémique dans différents contextes phytosanitaires en début de cycle du cotonnier. Cette multiplication des sites d'études et des dates d'implantation permettrait également d'examiner si les conditions

¹⁶ Pour la campagne 2010 le coût de 6 041 F CFA/ha pour une intervention insecticide était décomposé en 4 566 F CFA d'achat d'insecticide (à crédit), 900 F CFA de coût des piles pour une application, 150 F CFA le coût de la main d'œuvre pour la réalisation d'une application et 425 F CFA le coût de l'amortissement et de l'entretien de l'appareil de traitement par application

pédo-climatiques peuvent ou non expliquer les faibles taux de rétention observés pour les organes fructifères produits au cours des premières semaines du cycle fructifère. Mais il conviendrait également d'examiner s'il existe une influence du cultivar sur les taux de rétention observés des organes fructifères produits au cours des premières semaines du cycle fructifère. Dans un premier temps et au niveau d'un seul site, on pourrait examiner au sein d'une gamme très large de variétés (si possible d'origines géographiques différentes et/ou de fonds génétiques très différents) s'il y a ou non une variabilité dans les taux de rétention des premiers organes fructifères apparus avec, peut être un deuxième facteur, permettant de créer deux niveaux de contextes parasitaires (exemple : protection des semences à deux niveaux qui seraient semences non traitées et semences traitées ou protection foliaire avec également deux niveaux qui serait non traité et protection maximale depuis le 30^{ième} JAL, date de début d'apparition des premiers organes fructifères). Dans cette étude il conviendrait de préciser pour chaque variété en fonction du deuxième facteur, la période à laquelle ces premiers organes fructifères chutent par rapport à leur date d'apparition, grâce à des suivis minutieux de leur développement.